



Abildtrup Dambrug - et modeldambrug under forsøgsordningen. Statusrapport for 2. måleår af monitoringsprojektet med væsentlige resultater fra første måleår

Svendsen, Lars M.; Sortkjær, Ole; Ovesen, Niels Bering; Skriver, Jens; Larsen, Søren Erik; Pedersen, Per Bovbjerg; Rasmussen, Richard Skøtt; Dalsgaard, Anne Johanne Tang

Publication date:
2009

Document Version
Publisher's PDF, also known as Version of record

[Link back to DTU Orbit](#)

Citation (APA):
Svendsen, L. M., Sortkjær, O., Ovesen, N. B., Skriver, J., Larsen, S. E., Pedersen, P. B., Rasmussen, R. S., & Dalsgaard, A. J. T. (2009). *Abildtrup Dambrug - et modeldambrug under forsøgsordningen. Statusrapport for 2. måleår af monitoringsprojektet med væsentlige resultater fra første måleår*. DTU Aqua. DTU Aqua-rapport No. 206-09 http://www.aqua.dtu.dk/Publikationer/Forskningsrapporter/Forskningsrapporter_siden_2008

General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

Abildtrup Dambrug

- et modeldambrug under forsøgsordningen

Statusrapport for 2. måleår af monitoringsprojektet

med væsentlige resultater fra første måleår

Lars M. Svendsen, Danmarks Miljøundersøgelser, Århus Universitet
Ole Sortkjær, Danmarks Miljøundersøgelser, Århus Universitet
Niels Bering Ovesen, Danmarks Miljøundersøgelser, Århus Universitet
Jens Skriver, Danmarks Miljøundersøgelser, Århus Universitet
Søren Erik Larsen, Danmarks Miljøundersøgelser, Århus Universitet
Per Bovbjerg Pedersen, DTU Aqua
Richard Skøtt Rasmussen, DTU Aqua
Anne Johanne Tang Dalsgaard, DTU Aqua

December 2009

0	Sammenfatning	3
1	Indledning	8
2	Beskrivelse af dambruget	11
2.1	Indretning	11
2.2	Måleprogram og måleperiode	13
2.3	Væsentlige vilkår	15
3	Drift og produktion	16
3.1	Foderforbrug, produktion og foderkvotient	16
3.2	Produktionsbidrag	17
4	Temperatur, pH og ilt	20
5	Vandflow i dambruget	25
5.1	Måling af vandflow	25
5.2	Returskylning af biofiltre og tømning af slamkegler	26
5.3	Vandbalance	27
5.4	Recirkulationsflow	29
5.5	Vandforbrug/fodermængde	30
5.6	Hydraulisk belastning af plantelagunen	30
6	Stofkoncentrationer forskellige steder på dambruget	31
7	Overholdelse af udlederkrav	45
8	Massebalancer	47
8.1	Produktionsbidrag	47
8.2	Massebalancer	47
9	Rensegrader og stoffjernelse	50
9.1	Beregning af rensgrader	50
9.2	Rensegrader over hele dambruget	50
9.3	Rensegrader over produktionsanlægget og over plantelaguner	53
9.4	Sammenligning af stoftab over dambruget	59
10	Vandløbsfauna	64
10.1	Fysiske forhold i Vorgod Å og Abild Å	64
10.2	Smådyrsfauna	65
11	Planter i grødefyldte bassiner	67
12	Diskussion	71
13	Litteraturliste	87

0 Sammenfatning

De samlede miljømæssige fordele ved modeldambrug er mangetallige, som blandt andet oplistet vedrørende især uhindret faunapassage i Dambrugsudvalgets rapport (*Dambrugsudvalget, 2002*):

Vandløbet	Dambruget
Fordele: <ul style="list-style-type: none"> • "Død å"-strækning fjernes • Øget vandføring i dambrugen omløb • Påvirkning af opstemning opstrøms reduceres, fjernes evt. helt • Naturlige variationer i vandløbets vandføring opretholdes i omløbene • Indtrængen af naturlig fauna i dambrugene reduceres • Passageproblemer ved dambrugen opstemninger og vandindtag, herunder afgitring, indretning af faunapassage (både op- og nedstrøms), opstemning m.v. løses langt nemmere • Udledning af medicin og hjælpestoffer reduceres • Maksimumskoncentrationer af medicin og hjælpestoffer i vandløbene formindskes • Fald i vandløbets iltindhold nedstrøms reduceres/undgås Ulemper: <ul style="list-style-type: none"> • Ingen 	Fordele: <ul style="list-style-type: none"> • Stabile produktionsforhold • Påvirkninger fra variationer i indløbsvandets kvalitet reduceres eller elimineres • Øget effekt af renseforanstaltninger • Ved brug af drænvand/grundvand kan opnås højere vandtemperaturer om vinteren og lavere om sommeren • Bedre muligheder for styring af management og produktionsmiljøet • Reduceret smittepres • Reduceret behov for anvendelse af medicin og hjælpestoffer, herunder kalkning • Bedre arbejdsmiljø Ulemper: <ul style="list-style-type: none"> • Højere energiforbrug pr. kilo produceret fisk • Øget udledning af CO₂ • Risiko for opbygning af skadelige ammoniakkoncentrationer • Øget behov for overvågning og styring af driftsforhold • Øget behov for backupsystemer: strøm, iltforsyning, pumper m.v.

Der er tidligere udgivet en statusrapport for det første måleår på Abildtrup Dambrug (*Svendsen et al., 2007*). I denne statusrapport, som omhandler andet driftsår for Abildtrup Dambrug som modeldambrug, beskrives de opnåede resultater fra monitoringsprojektets måle- og dokumentationsprogram. Programmet har til formål at fremskaffe dokumentation for dambrugenens rensning og udledning af næringsstoffer og organisk stof. Der er medtaget en række væsentlige resultater fra år 1 for at kunne sammenligne resultater mellem de to måleår. Der er også medtaget resultater fra første måleår for emner, som ikke blev medtaget i statusrapporten for det første måleår. Endvidere er medtaget resultater fra første måleår, hvor der er lavet korrektioner ift. indhold af kvælstof og fosfor i fisk og for produktionsbidraget af COD og BI₅ og forholdet mel-

lem disse. Dette har medført justeringer i produktionsbidraget og hermed i beregnede rensegrader og udlederkontrollen ift. statusrapporten for første måleår, men ændrer ikke væsentligt ved de overordnede resultater for det første måleår. Der drages nogle konklusioner for resultaterne for de to måleår på dambruget. Hermed kan og bør denne statusrapport for andet måleår også anvendes som en samlet rapportering for de væsentligste resultater for de to måleår under forsøgsordningen for Abildtrup Dambrug. Der henvises i øvrigt til den samlede rapportering af måle- og dokumentationsprojektet for modeldambrug, hvor resultaterne fra Abildtrup Dambrug er sammenlignet med resultaterne fra de andre 7 modeldambrug under forsøgsordningen (*Svendsen et al., 2008*).

Produktionsforhold

Abildtrup Dambrug har i perioden 25. august 2006 til 24. august 2007 anvendt 317,4 tons foder med en beregnet produktion på 288,6 tons fisk (inkl. døde). Dette giver en samlet foderkvotient (alene baseret på tal i produktionsanlæggene) på 1,10.

Der var midt i 2006 et ejerskifte og en efterfølgende ombygning af dele af produktionsanlægget. Inden anlægget efterfølgende blev velkørt har almindelige indkøringsvanskeligheder, ombygning, tillæring til ny produktionsform, ny teknologi og nye problemstillinger forårsaget megen sygdom og ringe appetit hos fiskene, hvilket forklarer den relativt høje foderkvotient.

Vandforbrug

Abildtrup Dambrug indtager nu vand alene fra borer. Hertil kommer, at vandforbruget i forbindelse med betydelig recirkulering (recirkuleringsgrad ca. 97 %) er nedsat fra før ca. 500 l/s til 34 l/s i andet måleår (knap 7 % af forbruget før ombygning).

Rensegrader

Ved forarbejdet i bekendtgørelse om modeldambrug m.v. blev der forudsat nogle nettorensgrader for organisk stof og næringsstoffer på modeldambrug. I nedenstående tabel er de forudsatte nettorensgrader i bekendtgørelsen for modeldambrug når der er mikrosigtede, sammenlignet med de opnåede nettorensgrader i 2. måleår på Abildtrup Dambrug.

	Forventet	Opnået 1.år	Opnået 2.år
Organisk stof (BI₅)	80 %	96 %	95 %
Total kvælstof (inkl. omsætning plantelaguner)	26 %	68 %	47 %
Total Fosfor	65 %	90 %	79 %

Disse honorerer fuldt ud det forudsatte for alle parametre. For organisk stof (BI₅) er rensningen overordentlig god, men også både fosfor- og kvælstoffjernelsen er betydeligt over forventningerne.

Produktionsanlægget med dets mikrosigter, slamkegler og biofiltre fjerner netto især ammonium (89 %), organisk stof (78 %) og fosfor (59 %) og 13 % af produktionsbidraget af total kvælstof, når der er taget højde for tab med klaringsvandet fra slambassin. I andet driftsår er stoffjernelsen over produktionsanlægget af især ammonium, men også i mindre grad

partikulært bundet materiale, blevet forbedret i forhold til første driftsår på trods af fordoblet foderforbrug og driftsforskyrrelser.

Slambassinet, som er en slamtank med kapacitet til at slamperkuleret klares nogle timer før klaringsvandet afledes til plantelagunerne, fungerer godt på Abildtrup Dambrug. Der returneres dog frarensede stoffer (især ammonium men også fosfor og organisk stof) via slamtankens klaringsvand til plantelagunen.

Plantelagunen fjerner især tilført organisk stof (70 % af BI₅) men også total-fosfor (39 %) og total-kvælstof (40 %) via nitrattjernelse. I vurderingen heraf skal der tages højde for, at der over plantelagunen mistes 28 % af vandtilførslen primært via nedsivning. Med det nedsivende vand må antages i et eller andet omfang at følge nogle af de opløste stoffer, men form og mængde er ikke kvantificerbare via dette projekt.

Rensningen i plantelagunerne har for alle parametrene total-fosfor, total-kvælstof og organisk stof, ligget betydeligt højere (faktor 2-4) end dem, der blev fundet i tidligere forsøg på Døstrup Dambrug, som udgjorde en del af grundlaget for de forudsatte rensegrader. Kvælstoffjernelsen ligger år 2 på 3,4 g N/m²/dag.

Specifik udledning

Ifølge Miljøstyrelsens opgørelser for ferskvandsdambrug udledtes der i 2003 3.098 t BI₅, 1.119 t total N og 90 t total P ved en produktion på 29.434 t ørreder, mens der ifølge den seneste opgørelse i 2007 udledtes 2.343 t BI₅, 673 t total kvælstof og 60 t total fosfor ved en produktion på 27.843 t ørreder (*By- og Landskabsstyrelsen, 2009*). Tallene svarer til gennemsnitlige specifikke udledninger som angivet i nedenstående tabel, hvor 2003-tallene er medtaget for at give sammenligningsgrundlag med tidligere rapporter og 2007-tallene er medtaget for at kunne sammenholde med de nyeste tal:

	Specifik udledning – netto (kg/t fisk produceret)			Abildtrup Dambrug i % af gennemsnit DK	
	Gennemsnit Danmark	Abildtrup Dambrug - 1. måleår	Abildtrup Dambrug - 2. måleår	År 1	År 2
Organisk stof (BI₅)					
-2003	105			3	6
-2007	84	3,4	6,1	4	7
Total N					
-2003	38			34	74
-2007	24	13	28	54	117
Total P					
-2003	3,1	0,8		26	42
-2007	2,2		1,3	36	59

Som det fremgår, er der kraftigt reduceret specifik udledning af organisk stof, men også fosfor er stadig betydeligt bedre end gennemsnittet for danske ferskvandsdambrug.

Overholdelse af udlederkrav jvf. Ringkjøbing Amts miljøgodkendelse

I miljøgodkendelsen har Ringkjøbing Amt opstillet en række kontrolparametre med tilhørende kravværdi.

Kontrol-Parameter	Kravværdi i Miljøgodkendelse	Justeret krav-Værdi	Teoretiske krav-værdier jvnf. Dambrugsbekendtgørelsen	Udledning, beregnet efter Bekendtg. om modeldambrug	
				År 1	År 2
Susp. stof	129,6 kg/d	121,09 kg/d 112,3 kg/d	129,6 kg/d	-4,5 kg/d	4,2 kg/d
NH₄⁺	3,25 mg/l	-	3,25 mg/l	3,5 mg/l	2,4 mg/l
Total-N	25,92 kg/d	22,28 kg/d 12,23 kg/d	25,92 kg/d	4,7 kg/d	19,5 kg/d
Total-P	2,16 kg/d	1,68 kg/d 0,73 kg/d	2,16 kg/d	0,18 kg/d	0,55 kg/d
BI₅	8,13 mg/l	-	8,13 mg/l	3,3 mg/l	3,85 mg/l

Ved sammenligning af kolonne et vs. tre ses det, at kravværdierne fuldt kompenserer for det reducerede vandforbrug.

I fjerde og femte kolonne er opgivet Abildtrup Dambrugs udledning beregnet efter modeldambrugsbekendtgørelsen, og det ses, at alle udlederkrav er overholdt i begge måleår på nær for ammonium kvælstof i år 1 (udlederværdi 108 % af kravværdi) og total kvælstof i år 2 (udlederværdi 159 % af justeret kravværdi). Det fremgår, at udlederværdierne år 2, hvor foderforbruget er fordoblet, er højere end år 1 for henholdsvis suspenderet stof, total kvælstof og total fosfor men samtidig har den været lavere for ammonium.

Fauna og faunaindex

Dansk Vandløbs Fauna Index (DVFI) er opgjort således:

	Vorgod Å - opstrøms	Abild Å - opstrøms	Vorgod Å - nedstrøms
December 2004	4*	7	7
Marts 2005	7	7	7
Oktober 2005	7	7	7
Marts 2006	7	7	6
April 2006	7	7	7
December 2006	7	7	7
Maj 2007	7	7	6
September 2007	7	7	7

Idet målsætningen på både op- og nedstrømsstationen er 5, med optimal faunaklasse 7, er der målopfyldelse (frasen *) ved alle vandløbsbedømmelser på begge stationer. Faunaen er artsrig med stor diversitet og med forekomst af mange rentvandskrævende arter. Samlet set karakteriseres tilstanden i Vorgod Å både op- og nedstrøms Abildtrup Dambrug som særdeles god.

Diskussion og primære udeståender

Driften på dambruget har de første 1- 1½ år i perioder været ustabil med flere uheld og høj fiskedødelighed. Efter et ejerskifte og diverse ombygninger m.v. er der hen over 2. driftsår opnået mere stabil drift.

De opnåede rensegrader opfylder trods driftsproblemerne til fulde de opstillede forudsætninger. Den resulterende specifikke udledning er, fra-set total kvælstof år 2, meget acceptabel. For organisk stof er rensningen overordentlig god og også for fosfor er rensningen meget god, men der for især total-kvælstof kan være behov for en forstærket indsats. Dels kan det undersøges, om en forøget del af den stofmængde, der føres over i slamtanken fra produktionsanlæggets slamkegler, mikrosigte og bio-filtre kan tilbageholdes, dels kan forøget denitrifikation via større laguner eller et specifikt denitrifikationsfilter undersøges. Der må antages at være et vist tab af opløste stoffer med nedsivningsvandet ud af plantelagunerne, men kun en lille del heraf kan medføre et reelt stoftab til Vor-god Å.

Tilsvarende kan den efterhånden stabile drift ovenpå et par turbulente driftsår forventes at resultere i bedre rensning. Plantelagunernes konstruktion synes at være optimal med velplacerede tilløb og et mæandre-rende forløb. Til orientering er der efter måleperioden sket en forøgelse af lagunernes størrelse, hvorved stoffjernelsen må forventes at blive for-øget yderligere.

1 Indledning

Som et af resultaterne fra det af fødevareministeriet nedsatte dambrugsudvalg (Udvalget vedr. dambrugserhvervets udviklingsmuligheder) blev der i dette udvalgs rapport, marts 2002 (*Dambrugsudvalget, 2002*), peget på muligheden af etablering af mere ensartede typedambrug eller såkaldte modeldambrug.

Det ensartede koncept i modeldambrugene skulle muliggøre, at dokumentation samt viden og erfaring indhentet herpå, kunne finde anvendelse på andre modeldambrug af samme type, således at såvel drift som sagsbehandling, tilladelser m.v. kunne smidiggøres.

I såvel sideløbende som efterfølgende arbejder (f.eks.: Pedersen *et al.* 2003; Svendsen & Pedersen, 2004) samt notater og Bekendtgørelser (*Bekendtgørelse om modeldambrug, 2002* og *Bekendtgørelse om ændring af bekendtgørelse om modeldambrug, 2004*) er de nærmere specifikationer og krav til modeldambrug blevet defineret og fastlagt.

Tre typer modeldambrug er beskrevet (type 1, 2 og 3), hvor der for type 2 og 3 er åbnet for en deltagelse under en 2-årig forsøgsordning, i hvilken periode monitoring af den resulterende miljømæssige effekt skulle måles.

Ingen dambrug har ønsket ombygning til type 2 under forsøgsordningen, mens 8 dambrug af type 3 blev udvalgt til deltagelse i denne. Abildtrup Dambrug er et af disse.

Det skal understreges, at listen over miljømæssige fordele ved modeldambrugsdrift er lang, som opgjort i Dambrugsudvalgets rapport jvf. nedenstående tabel. Disse miljømæssige fordele opnås under alle omstændigheder ved etablering af modeldambrug. Efterfølgende har listen kunnet suppleres med flere fordele og enkelte ulemper (*Dansk Akvakultur, 2008*).

Ifølge projektansøgningen er det projektets hovedformål at få dokumenteret og fastlagt den resulterende, specifikke udledning af kvælstof, fosfor og organisk stof (BI₅) fra modeldambrug. Det er desuden formålet at få dokumenteret og fastlagt rensegraderne af de forskellige rensekomponenter, som finder anvendelse på modeldambrugene (slamkegler, biofiltre (kombifiltre), recirkulering, plantelaguner), herunder at få fastlagt produktionsbidraget under forskellige forhold, ligesom foderspild under daglig drift må kvantificeres. Det er endelig også projektets formål at søge at belyse nogle af de væsentligste processer og sammenhænge, der fører til de resulterende renseeffekter. Herved er det intentionen at opfylde dokumentationskravene, herunder at fremskaffe den fornødne dokumentation, således som det fremgår af *Bekendtgørelsen om modeldambrug (2002)* og *Bekendtgørelsen om ændring af bekendtgørelsen om modeldambrug (2004)*. Ifølge bekendtgørelse skal DMU (tidligere under Miljøministeriet nu ved Århus Universitet) og DFU som har ændret navn til DTU Aqua opstille et måleprogram, der skal tilvejebringe den omtale dokumentation.

Vandløbet	Dambruget
Fordele: <ul style="list-style-type: none"> • "Død å"-strækning fjernes • Øget vandføring i dambrugenes omløb • Påvirkning af opstemning opstrøms reduceres, fjernes evt. helt • Naturlige variationer i vandløbets vandføring opretholdes i omløbene • Indtrængen af naturlig fauna i dambrugene reduceres • Passageproblemer ved dambrugenes opstemninger og vandindtag, herunder afgitring, indretning af faunapassage (både op- og nedstrøms), opstemning m.v. løses langt nemmere • Udledning af medicin og hjælpestoffer reduceres • Maksimumskoncentrationer af medicin og hjælpestoffer i vandløbene formindskes • Fald i vandløbets iltindhold nedstrøms reduceres/undgås Ulemper: <ul style="list-style-type: none"> • Ingen 	Fordele: <ul style="list-style-type: none"> • Stabile produktionsforhold • Påvirkninger fra variationer i indløbsvandets kvalitet reduceres eller elimineres • Øget effekt af renseforanstaltninger • Ved brug af drænvand/grundvand kan opnås højere vandtemperaturer om vinteren og lavere om sommeren • Bedre muligheder for styring af management og produktionsmiljøet • Reduceret smittepres • Reduceret behov for anvendelse af medicin og hjælpestoffer, herunder kalkning • Bedre arbejdsmiljø Ulemper: <ul style="list-style-type: none"> • Højere energiforbrug pr. kilo produceret fisk • Øget udledning af CO₂ • Risiko for opbygning af skadelige ammoniakkoncentrationer • Øget behov for overvågning og styring af driftsforholdene • Øget behov for backup-systemer: strøm, iltforsyning, pumper m.v.

De 8 modeldambrug monitoreres derfor løbende af DMU og DTU Aqua over en 2-årig driftsperiode. På nogle dambrug måles der både over hele dambruget og de enkelte delkomponenter i produktionsanlægget, de såkaldte intensivt monitorerede dambrug, som Abildtrup Dambrug hører til, mens der på øvrige alene måles over hele dambruget og det samlede produktionsanlæg.

Dette arbejde er blevet udført på baggrund af bevilling fra Fødevareministeriets Direktorat for FødevareErhverv via FIUF- midler, og er således støttet med 50 % fra den Danske Stat og 50 % fra EU. Der takkes hermed for den tildelte bevilling.

Dokumentations- og monitoringsprojekt følges af en følgegruppe bestående af:

Niels Axel Nielsen, Fmd., direktør for Myndighedsbetjening og Sektorudvikling DTU (tidl.: direktør Danmarks Fiskeriundersøgelser)

Torben Moth Iversen, projektchef DMU, Århus Universitet (tidl. vicedirektør DMU)

Mette Selchau, Fødevareministeriet; erstattede august 2007 Knud Larsen, Fødevareministeriet

Thomas Bjerre Larsen, Miljøstyrelsen; erstattede august 2007 Gitte Larsen, Skov- og Naturstyrelsen

Henrik Haarh, Direktoratet for FødevareErhverv; erstattede januar 2007 Lars Christensen Clink, Direktoratet for FødevareErhverv

Jens Ole Frier, Ålborg Universitet

Jacob Larsen, Holstebro Kommune (tidl.: Ringkøbing Amt)

Lenny Stolborg, Ikast-Brandeborg Kommune; erstattede januar 2007 Henning Christiansen, Ribe Amt

Lisbeth Jess Plesner, Dansk Akvakultur

Helge A. Thomsen, forskningschef DTU Aqua (tidl.: Danmarks Fiskeriundersøgelser)

samt Per Bovbjerg Pedersen, sektionschef DTU Aqua (tidl.: Danmarks Fiskeriundersøgelser) og Lars M. Svendsen, projektschef Danmarks Miljøundersøgelser ved Århus Universitet.

Følgegruppen takkes for et positivt og konstruktivt samarbejde med gode input og råd undervejs i projektforsøget.

I juli 2008 er udgivet en samlet faglig rapport med en samlet status og konklusioner over 2 års drift og målinger på de 8 modeldambrug (*Svendsen et al., 2008*). Heri er foretaget sammenligninger på tværs af dambrugene og givet de samlede konklusioner for hele måle- og dokumentationsprojektet sammen med nogle anbefalinger. Nærværende statusrapport indeholder derimod alene målinger for Abildtrup Dambrug med fokus på 2. måleår med hvor de væsentligste resultater fra 1. måleår også er medtaget. Resultater fra 1. måleår er oprindeligt rapporteret i *Svendsen et al. (2007)*.

Sluttelig skal der lyde en stor tak til alle andre involverede personer, institutioner m.v. som på hver sin vis har bidraget i det store arbejde. Specifikt takkes tidligere dambrugsejer Kjeld Jensen og de efterfølgende ejere Jens og Kaj Jensen og deres medarbejdere samt teknisk personale ved DMU, Århus Universitet: Uffe Mensberg, Henrik Stenholt, Ane Kjeldgaard, Zdenek Gavor, Marlene Venø Skjærbæk Jessen, Tommy Silberg og Carsten Nielsen og ved DTU Aqua (DFU): Tommy Nielsen, Peter Faber, Torben Filt Jensen, Ole Madvig Larsen, Jesper Knudsen, Milan Pavlovic og Erik Poulsen. Der skal også lyde en tak for samarbejde med Dansk Akvakultur og deres konsulenter: Peder Nielsen (nu Nielsen Consult), Kaare Michelsen og Lisbeth Jess Plesner.

2 Beskrivelse af dambruget

2.1 Indretning

Abildtrup Dambrug (Herningvej 45, Barde, 6920 Videbæk) er beliggende ved Vorgod Å, der er en del af Skjern Å-systemet. Skjern Å har sit udløb i Ringkøbing Fjord, og et samlet opland på ca. 2.400 km². Ved dambruget er medianminimumvandføringen på 910 l/s nedstrøms for dambruget (*Ringkøbing Amt, 2003*).

Dambruget er indrettet som et modeldambrug type III (*Pedersen et. al., 2003*).

Produktionsanlægget består af 2 ens opbyggede produktionsenheder, der hver er underopdelt i 8 sektioner. I hver produktionsenhed ledes det recirkulerede vand igennem et biofilter, der er opdelt i 7 sektioner. Derudover er der 2 leveredamme i forlængelse af de to produktionsenheder, et kummehus og et sættefiskeanlæg. Figur 1 er en principskitse af dambrugets opbygning med angivelse af vandflow.

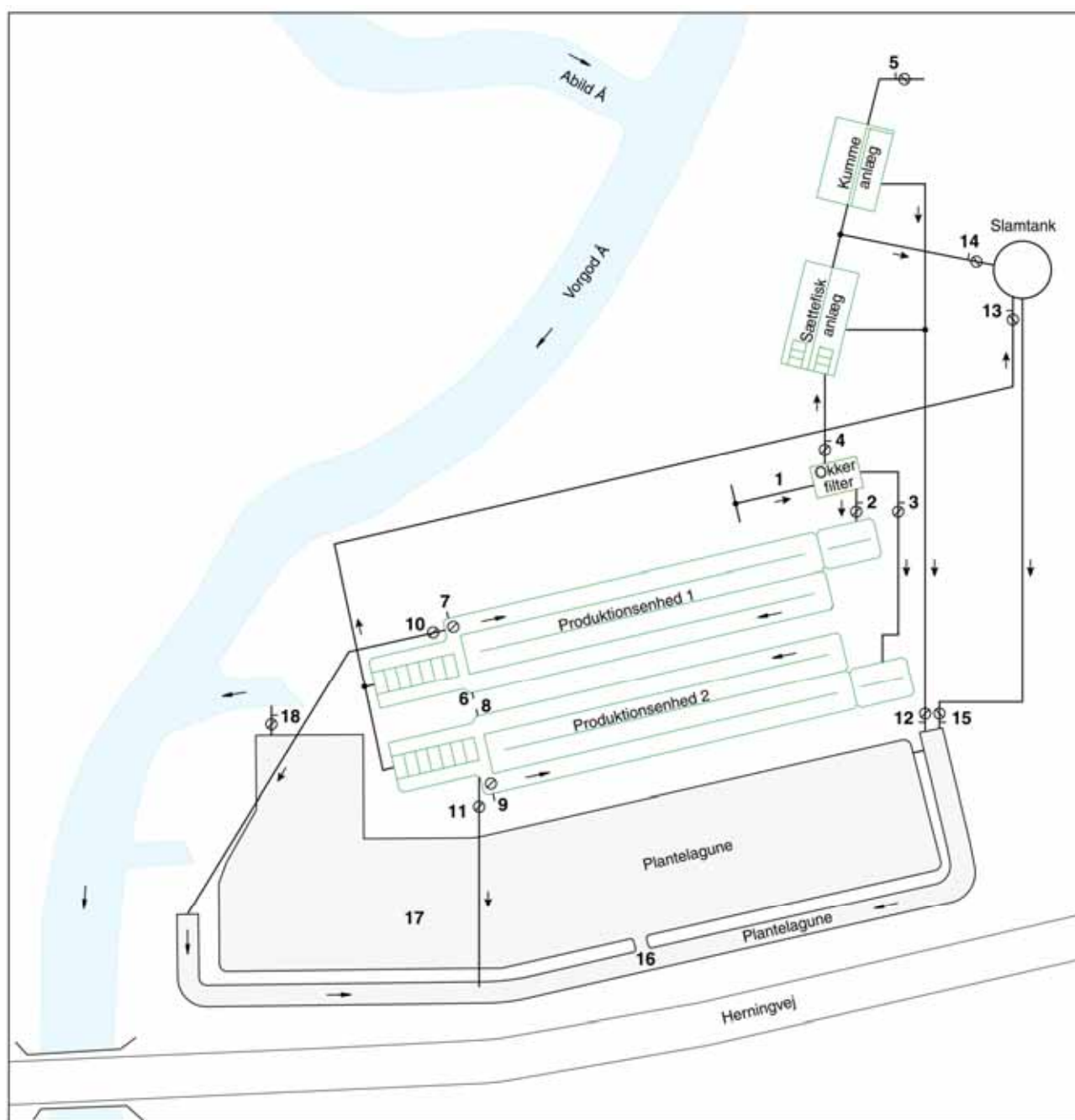
Indtagsvandet løber igennem et okkerfilter og tilsættes kalk inden det indgår i produktionen. Vandet bringes til at cirkulere i produktionsenhederne via air-lift princippet, hvor den beluftning som tilfører ilt til vandet også løfter dette nogle centimeter. Beluftningen sker opstrøms i de enkelte sektioner i ca. 6 m dybe brønde.

Slam opsamles i pyramideformede slamkegler i bunden af de to produktionsenheder og i sættefiskeanlægget og pumpes sammen med skyllevand fra biofiltrene og oppumpet slam fra kummehuset op i en slamtank (som er en stor gyllebeholder i metal). Afløbsvand fra de to produktionsenheder, sættefiskeanlægget, kummeanlægget og klarer vand fra slamtanken ledes til en plantelagune, hvorfra det løber i åen. Plantelagunen består af en del af de oprindelige jorddamme, kanaler og bundfældningsbassiner.

Hver produktionsenhed er ca. 95 meter lang og 20 meter bred med en vanddybde på ca. 1,05 meter. Inkl. leveredamme, kanaler og filtre er der i alt ca. 4.700 m³ vand i produktionsanlægget, og der er ca. 1.000 m³ vand i slamtanken og 350 m³ i sættefiskeanlægget (der er ikke noget estimat af vandmængden i kummehuset men det bidrager meget lidt til det samlede vandvolumen på dambruget). Plantelagunen har et areal på ca. 4.900 m² med en middeldybde på ca. 0,8 m. Totalt har dambruget et vandvolumen på godt 9.900 m³. Med et samlet vandindtag, eksklusiv kummehuset på gennemsnitligt 19,6 l/s i det første måleår og 32,3 l/s i det andet, (jf. kap. 5) har der været en gennemsnitlig opholdstid på ca. 140 hhv. 85 timer over dambruget. Opholdstiden for selve produktionsanlægget inkl. sættefiskeanlæg kan beregnes til ca. 72 hhv. 43 timer. Idet kun den ene af produktionsenhederne inkl. sættefiskeanlægget, har været i drift i det første måleår, er den reelle opholdstid i det år kun ca. det halve, svarende til ca. 40 timer. Den forudsatte minimums opholdstid i

produktionsanlægget for modeldambrug type III er på 18,5 timer (*Bekendtgørelse som modeldambrug, 2002*).

I forbindelse med ejerskifte medio 2006 blev der foretaget nogle mindre indretningsmæssige justeringer. Således blev kanalerne foran biofiltrene og umiddelbart opstrøms biofiltrene indsnævret, da der i første måleår var konstateret væsentlige slamaflejringer i disse. Der har i andet måleår derfor ikke været opserveret tilsvarende store slamaflejringer i produktionsanlægget. Der blev endvidere fra september 2006 – i begyndelse af andet måleår – opstillet mikrosigter opstrøms biofiltrene i de to produktionsenheder, hvor spulevandet blev ledt op i et bundfældningskar (ved position 6 og 8 på figur 1). Klaret skyllevand fra mikrosigterne blev ført tilbage til produktionsenheden medens slamperkulatet med regelmæssigt (hvert uge eller hver anden uge) blev ført til slamtank.



Figur 1 Abildtrup Dambrug, opbygning og vandflow. Nr. angiver målesteder som listet i tabel 1.

2.2 Måleprogram og måleperiode

Efter en kort indkøringsfase startede måleprogrammet på Abildtrup Dambrug som en del af forsøgsordningen officielt den 25. august 2005. Første måleår er derfor fra 25. august 2005 til 24. august 2006 begge dage inklusive, og 2. måleår er fra 25. august 2006 til 24. august 2007. Der var reduceret prøvetagning i de to produktionsenhederne i perioden fra medio juli 2006 til medio september 2006, idet man pga. uheld i midten af juli 2006 mistede hele fiskebestanden, hvorfor de to produktionsenheder var fisketomme under en efterfølgende mindre ombygning af produktionsenhederne (jf. afsnit 2.1).

I hele måleperioden har der kontinuert (hvert 10. minut) været målt vandmængde, vandhastighed, vandstand, nedbør, ilt, temperatur og pH ved en eller flere målepunkter på dambruget (tabel 1). De instrumenter, som måler kontinuert er typisk tilsluttet en datalogger, hvorfra data overføres til en PC som er placeret på dambruget. Data overføres via Internettet fra Pc'en til DTU Aqua og lægges ind i en fælles database som DTU Aqua og DMU ved Århus Universitet anvender i projektet. Vandmængder måles i de fleste målepunkter med en elektronisk måler, et såkaldt vandur. I udløbet er der målt med vandur, da det samlede udløb fra dambruget sker via et rør. Vandstand måles dels med tryktransducer, i slamtanken med en ultralydsmåler. Vandhastigheden i produktionsenhederne måles med dobbler-sensor. I *Svendsen & Bovbjerg (2004)* findes flere informationer og baggrund og krav til måleprogram og en række tekniske detaljer. Endvidere er der i rapporten, som konkluderer på resultaterne for alle 8 modeldambrug under forsøgsordningen i bilag gjort kort rede for måleprogrammer og hvilke instrumenter, der har været anvendt.

Vandkemiske prøver er for indtagsvand (prøver op- og nedstrøms okkerfilter) målt som en punktprøve (øjebliksprøve) ca. 1 gang pr. måned eller i alt 12 gange i perioden. Vandkemiske prøver fra:

- op- og nedstrøms biofilter i de to produktionsenheder
- afløb fra sættefiskeanlæg plus kummehus
- klaringsvandet fra slambassin (slamtank)
- i afløbet fra plantelagunen (samlet afløb fra dambruget)

udtages hver 14. dag med ISCO-glacier vandprøvetagere. En prøve består af en puljet prøve over et døgn, hvor der i en stor flaske tages 100 ml delprøve hvert kvarter, svarende til 9,6 l prøve på 24 timer pr. målested. En prøve består af en række delprøver, der er puljet over et døgn i en stor flaske. Hver delprøve er på ca. 100 ml som udtages hvert kvarter, svarende til ca. 9,6 l prøve på 24 timer pr. målested. Prøvetageren er udstyret med køleanlæg og prøverne opbevares mørkt. Ved hvert målested er der målt i alt 26-27 gange i andet måleår.

Nr.	Sted på dambruget	Målevariabel
1	Vandindtag fra dræn	K, S
2	Indløb, produktionsenhed 1	K, F, S
3	Indløb, produktionsenhed 2	K, F, S
4	Indløb, sættefiskeanlæg	K, F, S
5	Vandindtag fra boring til kummeanlæg	F
6	Opstrøms biofilter, produktionsenhed 1 og slamperkulat mikrosigte	K, S
7	Nedstrøms biofilter, produktionsenhed 1	K, H, F, V, S
8	Opstrøms biofilter, produktionsenhed 2 og slamperkulat mikrosigte	K, S
9	Nedstrøms biofilter, produktionsenhed 2	K, H, F, V, S
10	Udløb produktionsenhed 1 (nedstrøms biofilter)	F
11	Udløb produktionsenhed 2 (nedstrøms biofilter)	F
12	Udløb, sættefiske- og kummeanlæg	K, F, S
13	Til slamtank fra produktionsenhederne	K, F, V
14	Til slamtank fra sættefiske- og kummeanlæg	K, F
15	Udløb klaret slamvand	K, F, S
16	Plantelagune, øvre del	S
17	Plantelagune, midt	S
18	Udløb plantelagune/dambrug	K, F, V, S, N

Tabel 1 Oversigt overmålepunkter på Abildtrup Dambrug 2. måleår. Tallene til venstre refererer til det konkrete målepunkt på figur 1. Der er anvendt følgende forkortelser: K: Prøvetagning for kemiske analyser. F = Vandmængde. H = vandhastighed. V = vandstand. N = nedbør og S = Ilt, pH og temperatur.

Herudover er der hver 14. dag taget vandkemiske prøver i forbindelse med:

- tømning af slamkegler
- returskylning af biofiltre
- fra september 2006 slamperkulat fra mikrosigterne for alle tre slamtyper opdelt for de to produktionsenheder
- en samlet prøve for tømning af slamkegler i sættefiskeanlæg og kummehus og returskylning af biofilter i sættefiskeanlægget.

Disse prøver er ligeledes taget puljede prøver men i 1 liters flasker, hvorfra der puljes til en samlet prøve. Afhængig af, hvor lang tid det tager at tømme henholdsvis slamkegler, returskylle biofiltre og opsuge slamperkulat af returskyllevandet fra mikrosigterne (fra bundfældningskar) tages en række hyppige delprøver for repræsentativt at dække hele tidsperioden. Disse prøver tages med ISCO 6712-1 vandprøvetagere, hvori prøverne også står koldt (4° C) og mørkt. Ved hvert målested er der målt i alt 26-27 gange i andet måleår.

De vandkemiske prøver er analyseret for en række kemiske variable fastlagt i *Bekendtgørelse om modeldambrug (2002)*. Det fremgår af tabel 2, hvilke variable der analyseres for, afhængigt af om der er tale om vandprøve taget i indtagsvandet (grundvand), slamvand (ved tømning af slamkegler, returskylning af biofiltre, spulevand mikrosigte), afløb slambassin eller i produktionsanlæg og afløb fra dambruget. Analyserne er gennemført af akkrediteret laboratorium efter de standardanalysemetoder, der er foreskrevet ift. dambrug, herunder modificeret B15.

Ved de målepunkter, hvor der udtages vandkemiske prøver måles hver 14. dag ilt, temperatur og pH med håndholdte præcisionsinstrumenter, som også anvendes ved kalibrering af de kontinuerte måleinstrumenter.

Parametre	Program A	Program B	Program C
	Fuld pakke: Udløb fra dambrug, op- og nedstrøms biofilter, opstrøms mikrosigte	Grundvand (indtagsvand)	Returskylning biofiltre, tømning slamkegler, afløb slam-bassiner, spulevand mikrosigte
Suspenderet stof (SS)	X	(x)	x
Modificeret BI_5	X	(x)	x
COD	X	(x)	x
Total fosfor (P)	X	[x]	x
Orthofosfat-P	X	x	x
Total kvælstof (N)	X	[x]	x
Nitrat-nitrit_N	X	x	x
Ammonium_N	X	(x)	x

Tabel 2 Oversigt over de kemiske parametre som de vandkemiske prøver, der er udtaget 1. og 2. måleår på Abildtrup Dambrug analyseres for. x i parentes angiver at disse parametre efter at være målt nogle gange kun måles 2-3 gange om året, hvis det viser sig at værdien konsekvent er under detektionsgrænsen, mens x i kantet parentes viser at total kvælstof henholdsvis total fosfor ikke måles hver gang, hvis der ikke er signifikant forskel på totalen ift. de opløste fraktioner. BI_5 er et mål for let omsætteligt organisk stof (biologisk iltforbrug over 5 dage). COD er et mere omfattende mål for organisk stof end BI_5 , da det er et mål for det kemiske iltbehov for at omsætte det organiske stof. Ammonium er primært NH_4 -N.

2.3 Væsentlige vilkår

I henhold til dambrugets miljøgodkendelse af 19. juni 2003 (*Ringkøbing Amt, 2003*) må der i forsøgsperioden anvendes 410 tons foder pr. år. Foderkvotienten må ikke overstige 1,0 kg foder pr. kg produceret fisk.

Miljøgodkendelsen angiver det maksimalt tilladelige vandforbrug til 61,5 l pr. sekund.

Der må maksimalt udledes følgende stofmængder fra dambruget:

BI_5 :	8,13 mg/l
NH_4^+ -N:	3,25 mg/l
Suspenderet stof:	$129,60 \text{ kg/døgn} + (-0,34-0,5) \cdot s_T$
Total-N:	$25,92 \text{ kg/døgn} + (-0,34-0,5) \cdot s_T$
Total-P:	$2,16 \text{ kg/døgn} + (-0,34-0,5) \cdot s_T$

Krav til udledning af BI_5 og NH_4^+ -N er omfattet af tilstandskontrol, mens de andre stoffer er omfattet af transportkontrol. Mere detaljerede betingelser for overholdelse af kravene, herunder definition af s_T fremgår af dambrugets miljøgodkendelse og omtales i kapitel 7 i denne rapport.

I miljøgodkendelsen er det angivet, at plantelagunen har et overfladeareal på ca. 5.700 m².

3 Drift og produktion

3.1 Foderforbrug, produktion og foderkvotient

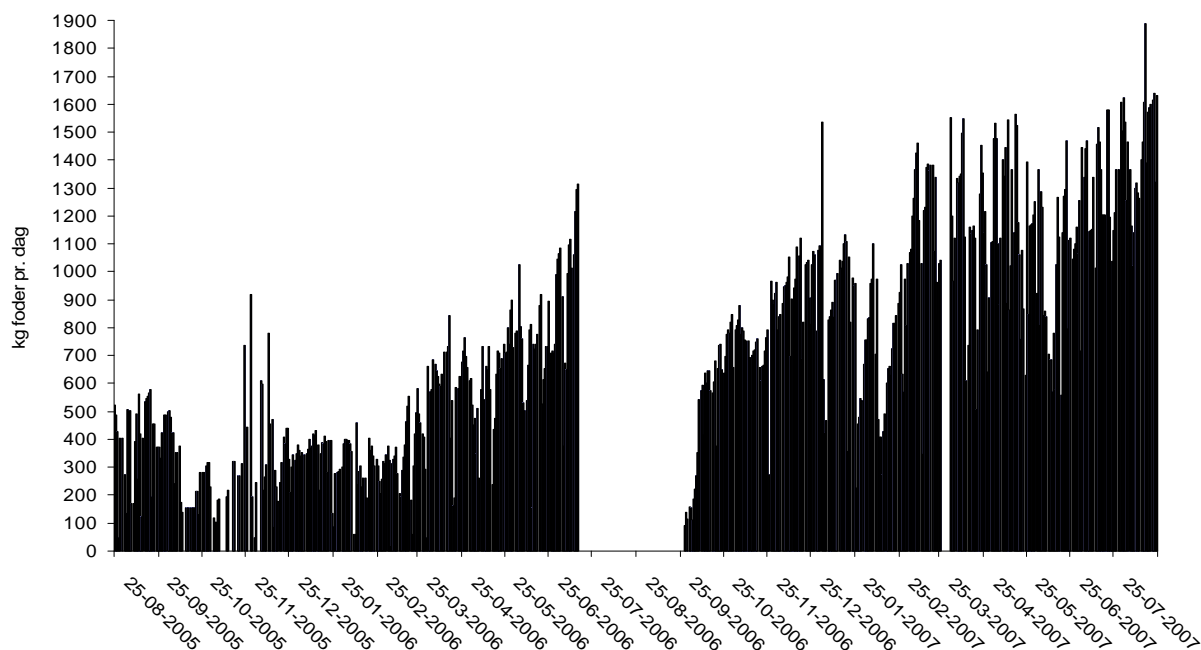
På Abildtrup Dambrug blev der i første måleår, dvs. perioden 25. august 2005 til 24. august 2006, anvendt 139,1 tons foder i dambrugets 2 produktionsenheder (dvs. hele dambruget undtagen sættefiskeanlæg og kummehus), mens foderforbruget i andet måleår (25. august 2006 til 24. august 2007) er opgjort til 317,4 tons foder. Herudover har der været et foderforbrug i sættefiskeanlæg og kummehus på 25,5 tons første måleår 1 og 24,6 tons i det andet.

Forøgelsen i foderforbrug på dambruget skyldes blandt andet at man i andet måleår har taget begge produktionsenheder i brug. Endvidere var produktionsenhederne ikke i brug i en længere periode fra 15. juli 2006 frem til 28. september 2006, idet man pga. uheld mistede fiskebestanden og efterfølgende foretog nogle mindre indretningsmæssige ændringer i de to produktionsenheder omkring biofiltre.

På baggrund af oplyste start- og slutbestande, samt ind- og udfiskninger i perioden, blev der beregnet en produktion på 148,6 ton fisk i første måleår i produktionsenhed 1. Dette giver en samlet foderkvotient (foderforbrug/fiskeproduktion inkl. døde fisk) på 0,936. Herover er der produceret 26,8 tons fisk i sættefiskeanlæg og kummehuset.

I andet måleår har det ikke været muligt at beregne foderkvotienten på dambruget, idet der ikke er registreret fiskemængder ind og ud af de enkelte opdrætsenheder. I 2006 blev dambruget overtaget af nye ejere, og der har i andet måleår været store problemer med sygdom på dambruget. Årsagen er, at man har haft vanskeligt ved at kontrollere forholdene på en måde, der sikrede acceptabel drift og vandkvalitet. Efterhånden som man har tilpasset anlægget og opnået erfaring med driften af dambruget, er disse forhold dog blevet betydeligt forbedrede.

På baggrund af oplysninger fra dambruget om egne beregninger af foderkvotienten, samt oplysninger om væsentlige sygdomsproblemer og dermed manglende appetit hos fiskene, estimeres den gennemsnitlige foderkvotient til 1,10. Idet foderforbruget i andet måleår er opgjort til 317,4 tons vurderes produktionen således at have været 288,6 tons fisk. Der har hele andet måleår været produktion i sættefiskeanlæg og i kummehuset og der er produceret 29,0 tons fisk inklusiv døde fisk.



Figur 2 Foderforbrug i Abildtrup Dambrugs i de to produktionsenheder for begge måleår. Grundet driftsuheld medio juli 2006 og en efterfølgende mindre ombygning i produktionsanlægget var der ingen fisk i de to produktionsenheder fra medio juli til ultimo september 2006.

Det fremgår af tabel 3 at der er anvendt flere forskellige fodertyper i dambrugets to produktionsenheder i de to måleår.

Fodertype	Foderforbrug (kg)	
	1. måleår	2. måleår
Aller Aqua 576 (3 - 4 mm)	0	171.500
Aller Aqua Elips (2 mm)	0	17.420
Biomar Aqualife R90 (3 - 4,5 mm)	102.937	28.752
Biomar Ecolife 19 (3 - 4,5 mm)	26.067	0
Biomar Ecolife 21 (3 - 4,5 mm)	0	58.463
Biomar Ecostart (2 mm)	6.735	0
Biomar Biofocus optimal start (1,5 mm)	483	0
Dana Feed Dan-Ex 3044 (3 mm)	0	4.595
Ukendt fodertype	2.878	36.689

Tabel 3 Fodertyper og mængder anvendt i de produktionsenheder på Abildtrup Dambrug i første og andet måleår. Der er ikke medtaget anvendte fodertyper og mængder i sættefiskeanlæg og i kummehuset.

3.2 Produktionsbidrag

Udregningen af bidrag af de forskellige stoffer fra fiskeproduktionen (produktionsbidrag) i de to produktionsenheder samt sættefiskeanlæg er foretaget som beskrevet i *Pedersen et al. (2003)*. Der er udregnet produktionsbidrag for COD (total organisk stof), modificeret BI₅ (let omsætteligt organisk stof), tot-N (total kvælstof), tot-P (total fosfor) og opløst kvælstof, som overvejende er NH₄⁺-N (ammoniumkvælstof) (tabel 4).

På baggrund af de senest opnåede resultater, er produktionsbidragene blevet reviderede ifh. til tallene afleveret i 1. årsrapporten (*Svendsen*

et al., 2007). Det gennemsnitlige indhold af kvælstof (tot-N) og fosfor (tot-P) i hel regnbueørred er blevet revurderet på baggrund af resultater, som indbefatter den seneste litteratur indenfor området. Således ansættes tallet for kvælstof i hel fisk nu til 2,75 % af fiskens totale vådvægt, og fosforindholdet til 0,43 %. De tidligere anvendte værdier har været henholdsvis 3 % og 0,5 %. Litteraturgennemgangen har vist, at indholdet af kvælstof og fosfor i regnbueørred påvirkes af fiskens størrelse, men at størrelseseffekten er lille. Dette gælder især indenfor de fiskestørrelser (ca. 300-800 g) der produceres på modeldambruget. Der er derfor ikke taget højde for konkrete fiskestørrelser i udregningen af produktionsbidrag for kvælstof og fosfor. Samlet betyder justeringerne en mindre stigning i produktionsbidragene af kvælstof og fosfor i forhold til de tidligere udmeldte værdier i førsteårsrapporten. I *Svendsen et al. (2008)* er der redegjort mere detaljeret for ændringer i beregning af produktionsbidrag ift. tidligere.

Produktionsbidragene af organisk stof (COD og BI₅) er også blevet reguleret og opjusteret i forhold til førsteårsrapporten grundet nye data for det stoffbidrag og -tab, der sker direkte til vandfasen enten som opløst eller finpartikulært stof. Der er udført nye undersøgelser på disse tab for den mest anvendte fodertype fra hver af foderproducenterne Aller Aqua, Biomar og Dana Feed (for detaljer se *Svendsen et al., 2008*). Det bemærkes, at dette tab ikke kan forventes at være permanent for de anvendte fodertyper. Årsagen er, at fiskefoder løbende udvikles og ændres med hensyn til råvarer og sammensætning, og disse forhold vil have betydning for stoftabet til vandfasen og dermed stoffbidraget fra fiskeproduktionen.

Udover total kvælstof bidraget fra fiskeproduktionen beregnes også bidraget af opløst kvælstof. Det udskilles hovedsageligt over fiskenes gæller og primært NH₄⁺-N. Bidraget svarer til den totale mængde kvælstof som fiskene indtager fradraget det kvælstof som indbygges i fisken (ansat til 2,75 % jf. ovenfor) og det kvælstof, der udskilles i fækalier (partikulært) og dissocieres i vandfasen (opløst):

kg N udskilt som opløst (NH₄⁺-N) =

kg N indtaget af fisk – kg N indbygget i fisk – kg N udskilt via fækalier (partikulært og opløst)

Udregningen af produktionsbidrag er sket på dagsbasis i hver af dambrugets 16 sektioner i de to produktionsenheder, og bidragene er herefter summerede. Udover de konkrete foder mængder er foderets kemiske sammensætning inddraget i udregningerne. Kemisk analyse er foretaget på de fleste foderleverancer (batches), men hvor disse værdier ikke foreligger, er der anvendt gennemsnitstal for de allerede analyserede, repræsentative fodertyper. I de få tilfælde, hvor der ikke er foretaget kemisk analyse på fodertypen, er der anvendt deklarerede værdier fra foderproducenten.

I forbindelse med levering er der beregnet et produktionsbidrag af kvælstof på baggrund af generelle tal for stofomsætning hos fodertomme regnbueørreder. Der vurderes kun at være et marginalt bidrag af organisk stof (COD og BI₅) i forbindelse med levering, idet dette forventes udskilt som kuldioxid (CO₂). Ligeledes forventes kun et marginalt bidrag

af fosfor ved levering, hvorfor bidraget af COD, BI₅ og tot-P fra leveredamme er sat til 0.

Måleår	COD	mod. BI ₅	Tot-N	NH ₄ ⁺ -N	Tot-P	Bidraget kommer fra
1	36.874	12.906	5.529	4.538	1.152	produktionsanlægget
2	95.463	33.413	14.826	13.306	1.649	produktionsanlægget
1	0	0	90	85	0	i forbindelse med levering
2	0	0	131	124	0	i forbindelse med levering
1	7.185	2.515	1.235	1.014	229	sættefiskeanlæg og kummehus
2	6.144	2.150	1.342	1.205	269	sættefiskeanlæg og kummehus

Tabel 4 Produktionsbidrag (kg pr. måleår) fra de enkelte enheder på Abildtrup Dambrug for hvert af de to måleår.

Som led i udregningen af produktionsbidrag er der udført fordøjelighedsforsøg på en række af de mest anvendte fodertyper og foderleverancer (batches) til modeldambrugene i måle og dokumentationsprojektet for disse. Princippet i disse kontrollerede forsøg er at undersøge, hvor stor en del af det indtagne foder - specifikt fedt-, protein- og kulhydratindholdet i foderet - der udskilles som fækalier. Disse værdier er indsat i beregningerne af produktionsbidraget for den relevante batch. Hvis batchen ikke er undersøgt mht. fordøjelighed, er der anvendt gennemsnitstal fundet for den relevante fodertype. I enkelte tilfælde, f.eks. i forbindelse med levering af små foder mængder, er der anvendt estimerede værdier for fordøjeligheden af foderet. Fordøjeligheden af træstof er i alle tilfælde sat til 0.

I den samlede toårige måleperiode er der udført fordøjelighedsforsøg på fem forskellige foderleverancer til dambruget.

Som nævnt har det desværre ikke været muligt at beregne foderkvotienter i de enkelte sektioner i andet måleår, og der er i stedet i samtlige beregninger af produktionsbidraget, anvendt en estimeret værdi på 1,10, hvis relativt høje værdi er forårsaget af driftsuheld og de efterfølgende ændringer og tilpasninger m.v.

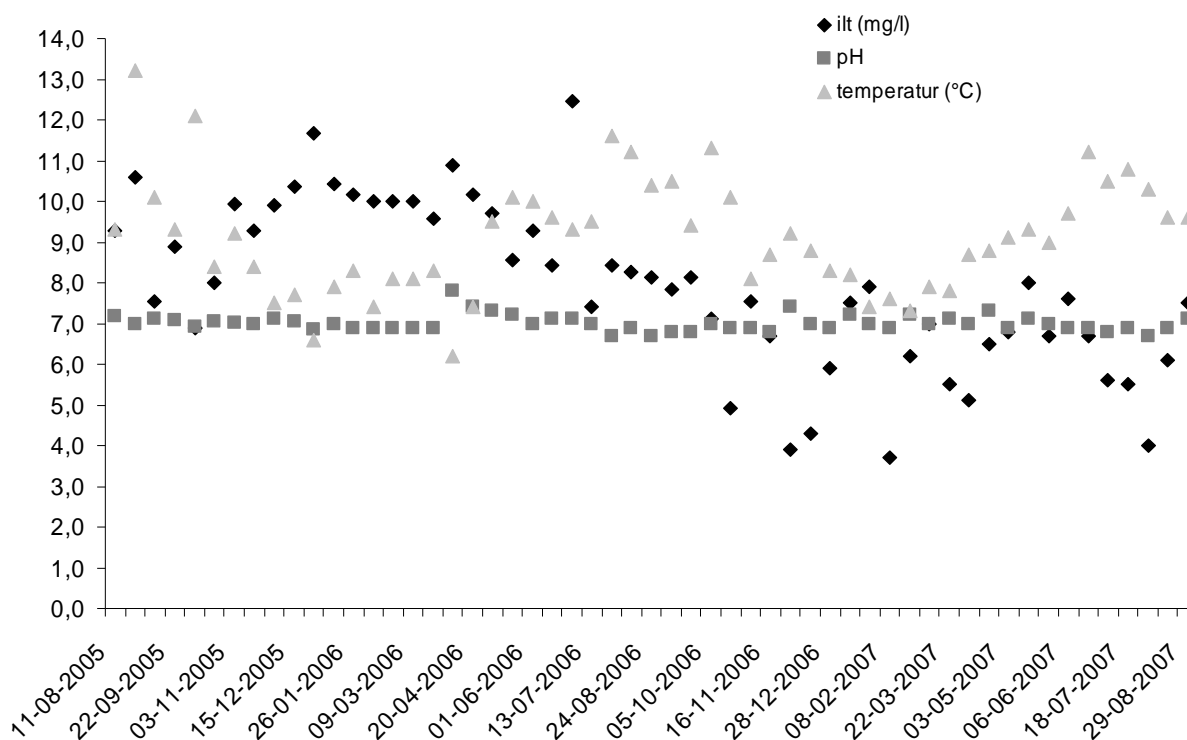
Der er ikke foretaget foderspildsundersøgelser på Abildtrup Dambrug, men det er åbenlyst at væsentlige drifts- og sygdomsproblemer, som har været tilfældet på Abildtrup Dambrug, giver nedsat appetit og dermed oplagt anledning til foderspild. Foderspildsundersøgelser på andre modeldambrug viser, at der under normal drift af modeldambrug kun forekommer ubetydeligt foderspild, men selvom der ikke almindeligvis observeres foderspild, kan der opstå situationer, hvor dette forekommer. (Thomsen & Andersen, 2008) Idet der samtidig forventes et bidrag fra støv- og smuld, estimeres det gennemsnitlige foderspild i andet måleår derfor til 1,0 %. Den samme værdi er, uagtet ovenstående, også anvendt i første måleår.

4 Temperatur, pH og ilt

Der er hvert tiende minut foretaget kontinuerte elektroniske registreringer af temperatur, pH og ilt i produktionsanlægget, i plantelagunen samt i udløbet herfra. Hertil kommer at der i forbindelse med udtagning af vandprøver hver 14. dag er målt temperatur, pH og ilt på dambruget med håndholdt instrument. Dataene er indsamlet blandt andet med baggrund i lovmæssige krav og for bedre at kunne forklare de processer der foregår på dambruget, som f.eks. omsætning af organisk stof.

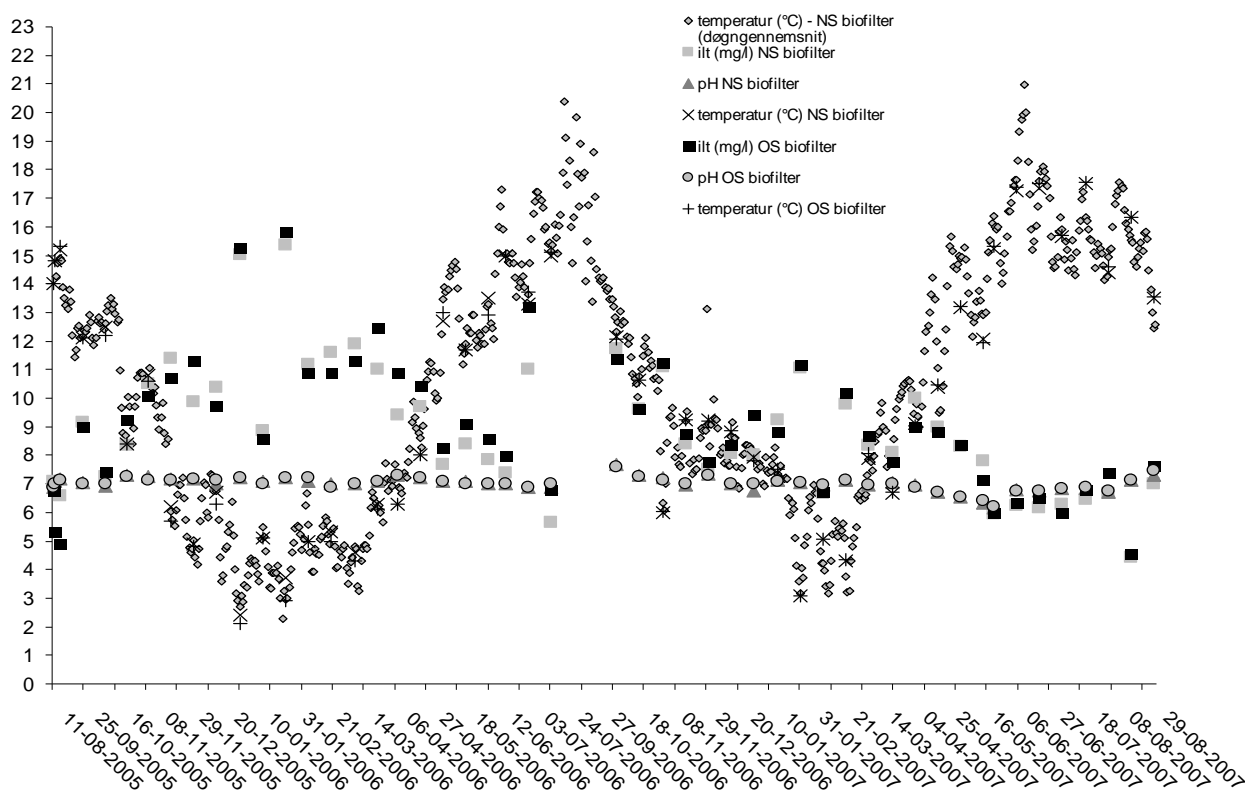
De kontinuerte registreringer har desværre ikke fungeret tilfredsstillende. Især logning af ilt, og til dels pH, har været problematisk, idet sonderne ikke er blevet rengjort tilstrækkelig ofte, og idet de tilsyneladende er relativ følsomme overfor elektronisk støj fra andre kilder. På den baggrund er der kun medtaget kontinuerte målinger for temperatur (døgngennemsnit) i dette kapitel. pH- og iltmålinger som er foretaget hver 14. dag er medtaget i stedet for de kontinuerte registreringer.

Figur 3 viser temperatur (°C), pH og ilt i det dræn-/grundvand (indtagsvand nedstrøms okkerfilteret) der indvindes på Abildtrup Dambrug. Der er en stort set konstant pH-værdi og kun moderate temperaturudsving (6-13 °C) i forhold til årstiden. Iltindholdet svinger generelt mellem 7 og 12 mg/l første måleår og 4-9 mg/l med en klart faldende tendens i løbet af sommeren og efteråret 2006, hvor mængden af indtagsvand også øges væsentligt (se kap. 5).



Figur 3 Temperatur, pH og ilt målt hver 14. dag i indløbsvandet (nedstrøms okkerfilter) til produktionen på Abildtrup Dambrug.

I figur 4 er vist data fra dambrugets to produktionsenheder både nedstrøms og opstrøms biofilteret. Tallene er udregnet som gennemsnit for de to produktionsenheder, men idet anlæg 2 først blev taget i brug fra slutningen af september 2006 er resultaterne indtil da alene baserede på målinger i anlæg 1. De kontinuerte temperaturmålinger er foretaget nedstrøms biofilteret.



Figur 4 Ilt, pH og temperatur i produktionsanlæg. Indtil ultimo september 2006 er tallene alene fra produktionsenhed 1, herefter repræsenterer tallene gennemsnitsværdier for produktionsenhed 1 og 2.

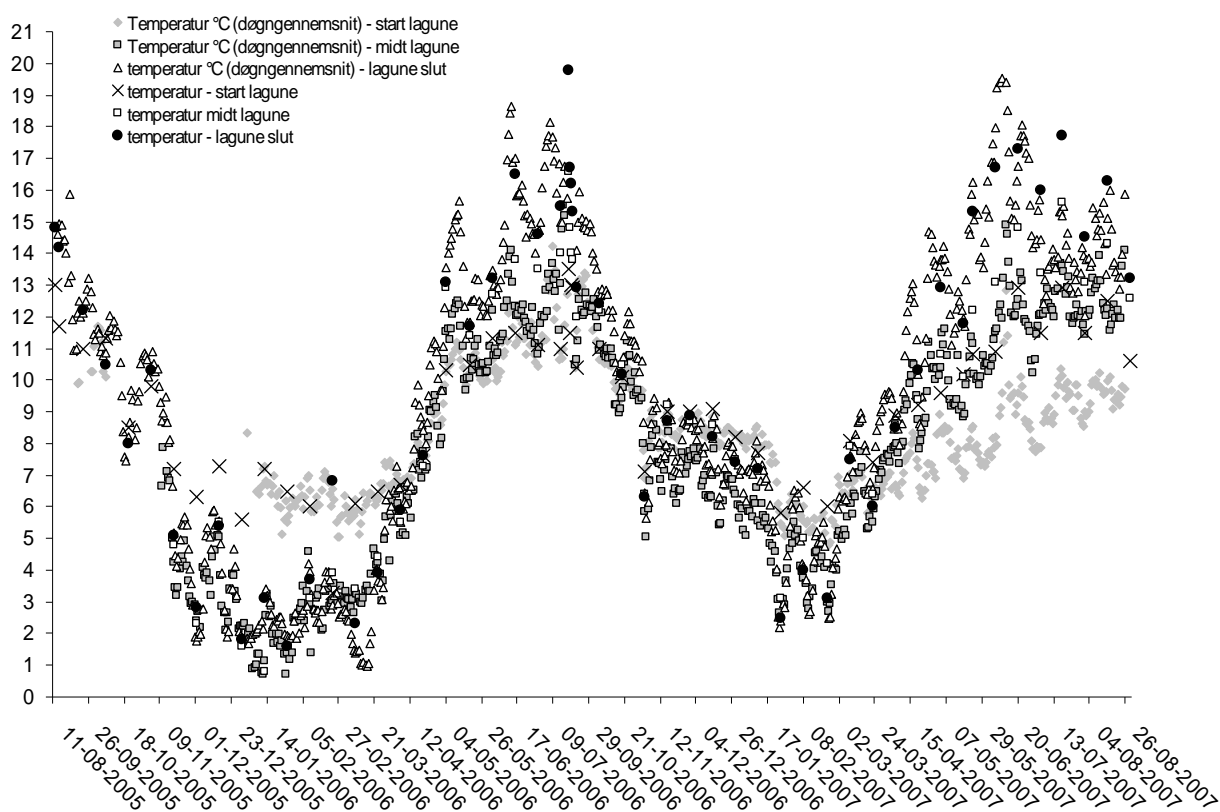
Der ses ikke nogen forskel i pH opstrøms og nedstrøms biofilteret, idet gennemsnitsværdien er 7,02 på begge stationer. Der synes umiddelbart at kunne erkendes en svagt faldende pH-værdi gennem hele måleperioden. Beregninger viser, at der sker et statistisk signifikant fald i pH ($P < 0,01$) både opstrøms og nedstrøms biofilteret i løbet af den toårige måleperiode. Dette har formentlig at gøre med, at fiskeproduktionen øges i løbet af de to år, og at nitrifikationen i biofiltrene dermed også øges, hvorved pH reduceres.

Temperaturmålingerne viser som forventet ensartethed opstrøms og nedstrøms biofilteret. Det fremgår af figuren, at der var en længere kold periode med vandtemperaturer omkring 4 °C i første måleår i forhold til andet måleår hvor den kolde periode var kort. Gennemsnits lufttemperaturen var også ca. 2 °C højere i det andet måleår end i det første.

Der er kun marginale forskelle i vandets iltindhold opstrøms og nedstrøms biofilteret. På grund af den bakterielle aktivitet vil der naturligvis være et iltforbrug i biofilteret, men beluftning af dette vil samtidig øge

iltindholdet. I løbet af hele måleperioden sker der et generelt fald i iltindholdet i produktionsenhederne. I lighed med reduktionen i vandets pH-værdi skyldes dette formentlig den øgede fiskeproduktion på dambruget i løbet af de to måleår, men samtidigt har der også været et fald i iltindholdet i indtagsvandet år 2.

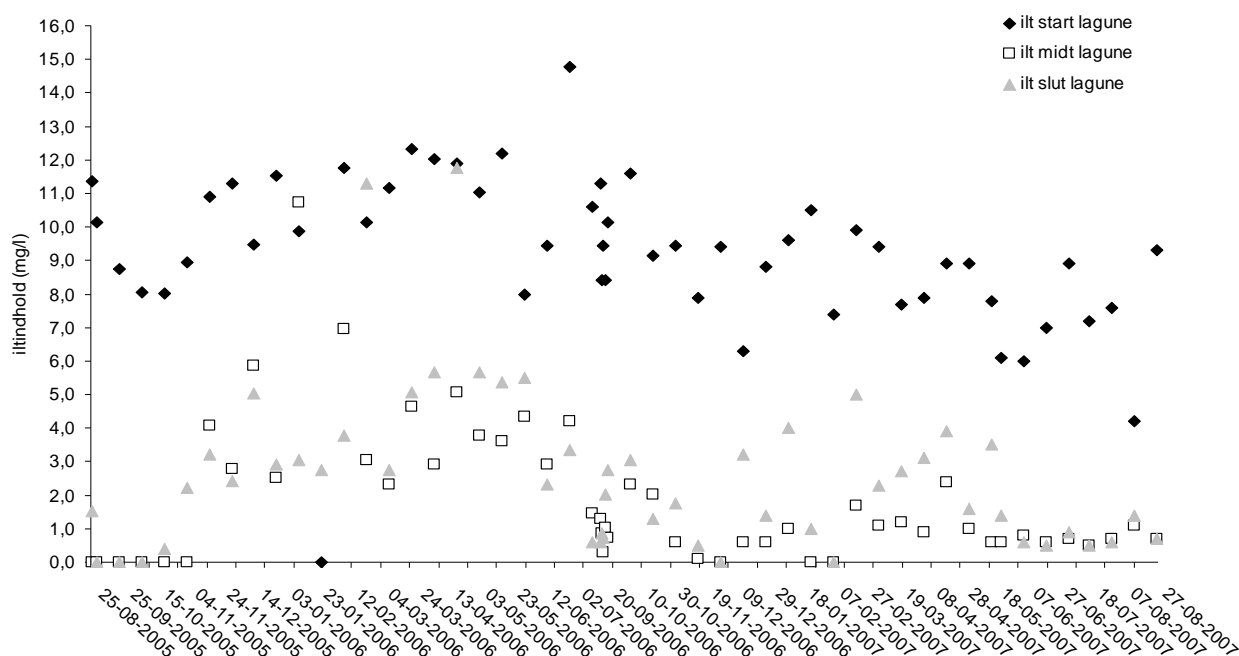
Vandtemperaturen i plantelagunen er vist i figur 5 for begge måleår. Der er angivet kontinuert loggede temperaturer (udregnet som døgngennemsnit) i plantelagunens indløb ("start lagune"), cirka halvvejs nede i plantelagunen ("midt lagune") og i det sidste afsnit (nedstrøms) i plantelagunen ("lagune slut"). Endvidere er der angivet målinger foretaget hver 14. dag på de samme stationer. Det fremgår, at vinteren i første måleår (2005/2006) var væsentlig koldere end vinteren i andet måleår (2006/2007) svarende at lufttemperaturen i perioden december til marts 2005/06 også var hele 4,7 °C koldere end tilsvarende rekordvarme periode i 2006/07 (ca. 0,2 mod 4,9 °C). I figur 5 ses det endvidere at der, især i den kølige vinter første måleår, sker en væsentlig afkøling af vandet ned gennem plantelagunen. Omvendt er der en vis opvarmning af vandet i plantelagunen om sommeren. Vandtemperaturen i starten af lagunen planteskiller sig ud fra temperaturen midt i plantelagunen og nedstrøms i plantelagunen, som stort set er identiske. Temperaturpåvirkningen foregår derfor i den opstrøms halvdel af plantelagunen.



Figur 5 Vandtemperaturen i plantelagunen på Abildtrup Dambrug for begge måleår. Der er målt kontinuert (døgngennemsnit) og hver 14. dag på forskellige stationer som angivet i figuren.

I figur 6 er angivet iltindholdet på tre forskellige stationer i de to måleår. Figuren viser, at der sker et generelt fald i iltindholdet i plantelagunen i løbet af de to år, og at iltindholdet stort set når et minimum senest når

vandet er halvvejs nede i lagunen. Iltreduktionen i plantelagunen er relateret til iltreduktionen i dambrugets produktionsanlæg samtidig med at der afledes i gennemsnit 57 % mere vand til plantelagunen i andet måleår, hvilket har medført en tilsvarende væsentligt lavere opholdstid heri. Der forekommer ikke nogen særlig forskel i iltforskellen mellem stationerne i plantelagunen. Der således ikke tegn på at iltforbruget i plantelagunen ændres væsentligt i løbet af den toårige måleperiode.

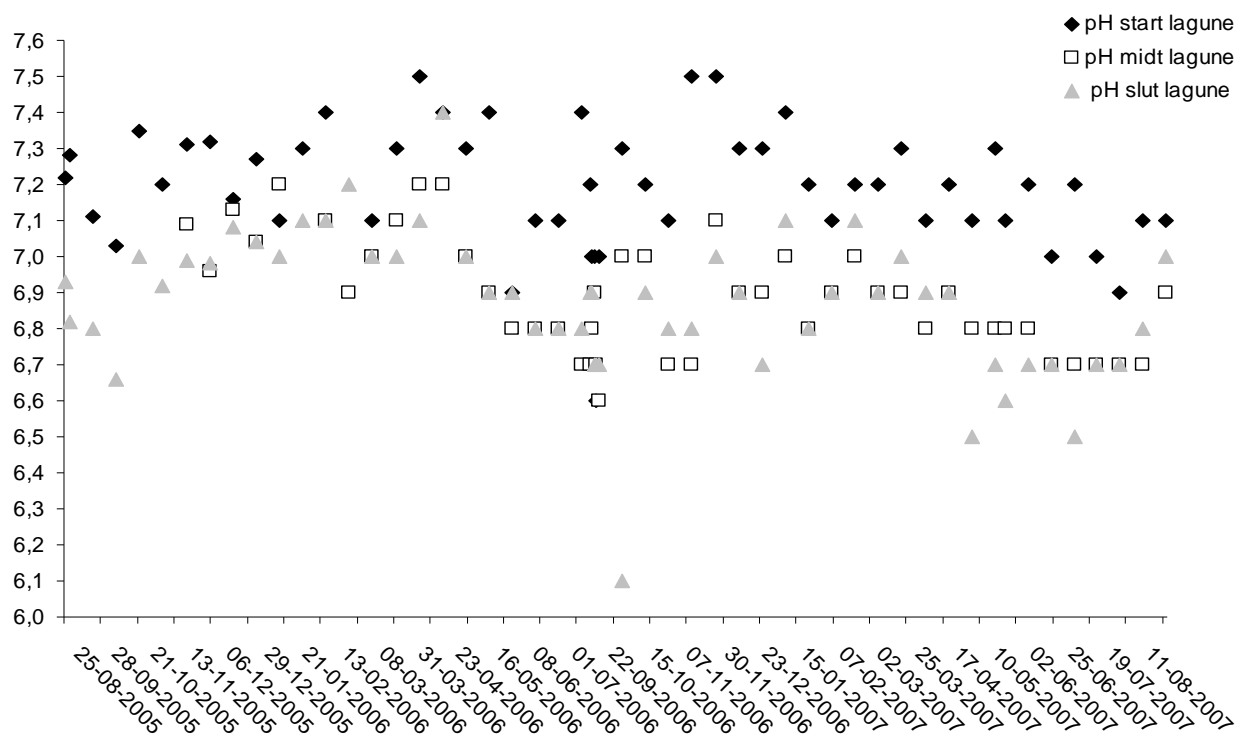


Figur 6 Iltindhold målt hver 14. dag tre forskellige steder i plantelagunen på Abildtrup Dambrug.

Ilttallene understøttes af pH-værdierne (figur 7) som også er højest opstrøms i plantelagunen (gennemsnitligt 7,2), og med små variationer imellem stationen midt i plantelagunen og nedstrøms i plantelagunen, hvor pH-gennemsnitsværdien begge steder er 6,9.

Figur 7 viser endvidere, at pH generelt synes let faldende henover måleperioden. Dette harmonerer med at pH i tilløbsvandet fra produktionsanlægget falder henover de to måleår (figur 4).

Der er ikke målt ilt profiler i forskellige dybder, men tal fra de andre modeldambrug viser, at der typisk også er iltfattige forhold ved bunden af plantelagunerne (Svendsen *et al.*, 2008). Det forhold, at der findes både aerobe og anaerobe forhold i plantelagunen er umiddelbart en fordel eftersom det betyder, at der både findes ilt til omsætning af f.eks. ammonium og organisk stof, og at der samtidigt er områder med iltfrie forhold, hvor der er mulighed for denitrifikation, dvs. dannelse af frit kvælstof (N_2) fra nitrat (NO_3^-), som herefter forureningsfrit afgasser til atmosfæren. Ved denne proces forbrændes også letomsætteligt organisk stof.



Figur 7 pH-værdi målt hver 14. dag tre forskellige steder i plantelagunen på Abildtrup Dambrug gennem hele måleperioden.

5 Vandflow i dambruget

5.1 Måling af vandflow

Flowet bliver registreret kontinuert (hvert 10. minut) 13 steder i dambruget jf. tabel 1 og 5. Registreringen sker på 11 af målestederne med elektromagnetiske flowmålere (vandure) monteret på rør. De måler med en usikkerhed på mindre end 1 %. En del af flowmålerne har haft kortere perioder, hvor data er gået tabt, enten på grund af kabelbrud, fejl i datakommunikationen eller i selve måleren. I de pågældende perioder er dataserierne rekonstrueret ved hjælp af interpolation og korrelation til de øvrige målere. Problemerne har medført en mindre forøgelse af usikkerheden, og det vurderes at usikkerheden på flowdata er mellem 0 og 5 %.

Det recirkulerede flow i de 2 produktionsenheder bliver målt med doppler-sensorer, der måler middel-strømhastigheden kombineret med registrering af vandstanden. Til kalibrering af målingerne bliver flowet (vandføringen) målt med vingeinstrument ca. en gang pr. måned. Sensorerne er monteret i afløbskanalen fra biofiltret. Disse målinger har en usikkerhed på ca. 5 %.

I tabel 5 findes det gennemsnitlige flow opdelt på hhv. første og andet måleår. I første måleår var der ikke fiskeproduktion i enhed 2, hvorfor der kun i kortere perioder har været vand i enheder, således at flowet er meget lav eller der ikke er data. I forbindelse med et større produktionsuheld i sommeren 2006, hvor stort set alle fisk i produktionsenhed 1 døde (*se Svendsen et al, 2007*) var der et stop i driften af produktionsenhed 1 fra 15. juli til slutningen af september 2006. Det samlede vandindtag har i gennemsnit det første måleår været 21,9 l/s og 34,3 l/s i andet år. Vandindtaget har således i begge år været væsentligt mindre end de tilladte 61,5 l/s. Vandindtaget til de to produktionsenheder og sættefisk sker fra drænen under anlægget, og vand til kummehuset kommer fra en boring.

Generelt er der en mindre forskel mellem indløbs- og udløbsflow i produktionsenhederne. Det skyldes, at der bliver ført vand væk i forbindelse med skylning af filtre og tømning af slamkegler (middel ca. 1 l/sek.), og at der bliver flyttet vand ved udfiskning og sortering. Der sker ikke noget egentligt vandtab fra produktionsenhederne.

Det gennemsnitlige interne flow produktionsenhederne på Abildtrup Dambrug er målt til 410 l/s i første måleår (kun enhed 1) og 465 l/s i andet måleår.

Målested	Navn på målested	Gennemsnitsflow l/sek.	
		1. måleår	2. måleår
2	Indløb, produktionsenhed 1	12,6	12,6
3	Indløb, produktionsenhed 2	0,02	10,9
4	Indløb, sættefiskanlæg	6,9	8,8
5	Vandindtag fra boring til kummeanlæg	2,3	1,9
2+3+4+5	Samlet vandindtag	21,9	34,3
1 (2+3+4)	Vandindtag fra dræn	19,6	32,3
7	Recirkulation, nedstrøms biofilter, produktionsenhed 1	410	488
9	Recirkulation, nedstrøms biofilter, produktionsenhed 2	-	441
10	Udløb produktionsenhed 1	11,5	11,5
11	Udløb produktionsenhed 2	0,0	10,1
12	Udløb, sættefisk og kummeanlæg	8,7	10,1
13	Til slamtank fra produktionsenhederne	1,0	1,55
14	Til slamtank fra sættefisk- og kummeanlæg	0,6	0,53
15	Udløb klaret slamvand	1,2	2,07
10+11+12+15	Samlet tilløb til plantelagune	21,5	33,8
18	Udløb plantelagune/dambrug	12,5	24,4

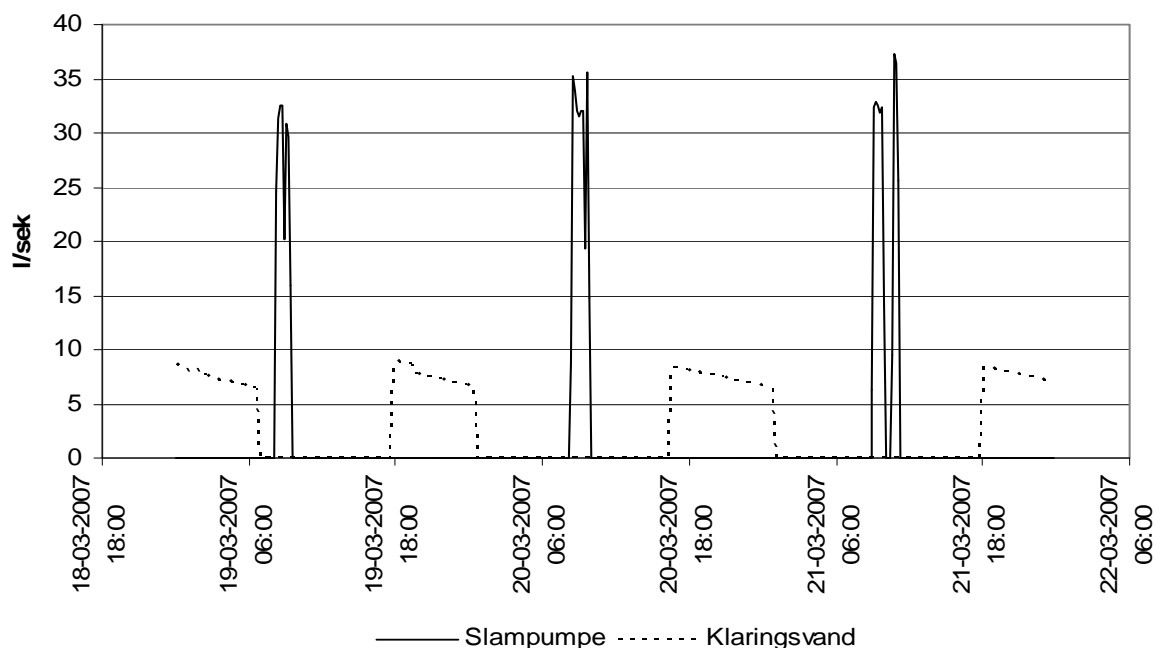
Tabel 5 Vandflow (l/s) som gennemsnit ved de enkelte målesteder for 1. og 2. måleår ved Abildtrup Dambrug. Der var ikke produktion i produktionsenhed 2 i 1. måleår.

5.2 Returskylning af biofiltre og tømning af slamkegler

For at fjerne partikler bliver slamkeglerne i bunden af produktionsenhederne tømt regelmæssigt, og tilsvarende bliver biofiltret returskyllet. Alt slam bliver pumpet til slamtanken. Slamkeglerne bliver tømt ca. 2 gange pr. uge ved kortvarig åbning, og med en samlet varighed på ca. 30 minutter for hver produktionsenhed. Proceduren for returskylning af biofiltre medfører, at hver af de 7 sektioner i hver produktionsenhed bliver skyllet en gang pr uge i ca. 15 til 25 minutter. Afvigelser fra de faste procedurer kan ske i forbindelse med f.eks. flytning af fisk, sygdomsbehandling mv. Mikrosigterne bliver skyllet kontinuerligt.

Under tømning og skylning pumpes et flow på ca. 33 l/s til slamtanken. Den samlede vandmængde, der bliver anvendt til tømning af slamkegler og returskylning af biofiltre er som middel opgjort til 1,6 l/s i første måleår og 2,1 i andet måleår. Det svarer til 6 - 7 % af den mængde friske vand, der bliver taget ind til dambruget.

Klaringsvandet, der afledes fra slamtanken til plantelagunerne kan reguleres med en ventil, og normalt åbnes først for afløbet sidst på dagen, jf. fig. 8. Dette giver en opholdstid i slamtanken til sedimentation og udfældning til klaring af slamvandet. Den tilførte vandmængde når dog at afstrømme inden næste tilførsel den efterfølgende dag og opholdstiden kan tilsyneladende godt øges nogle få timer (figur 6).



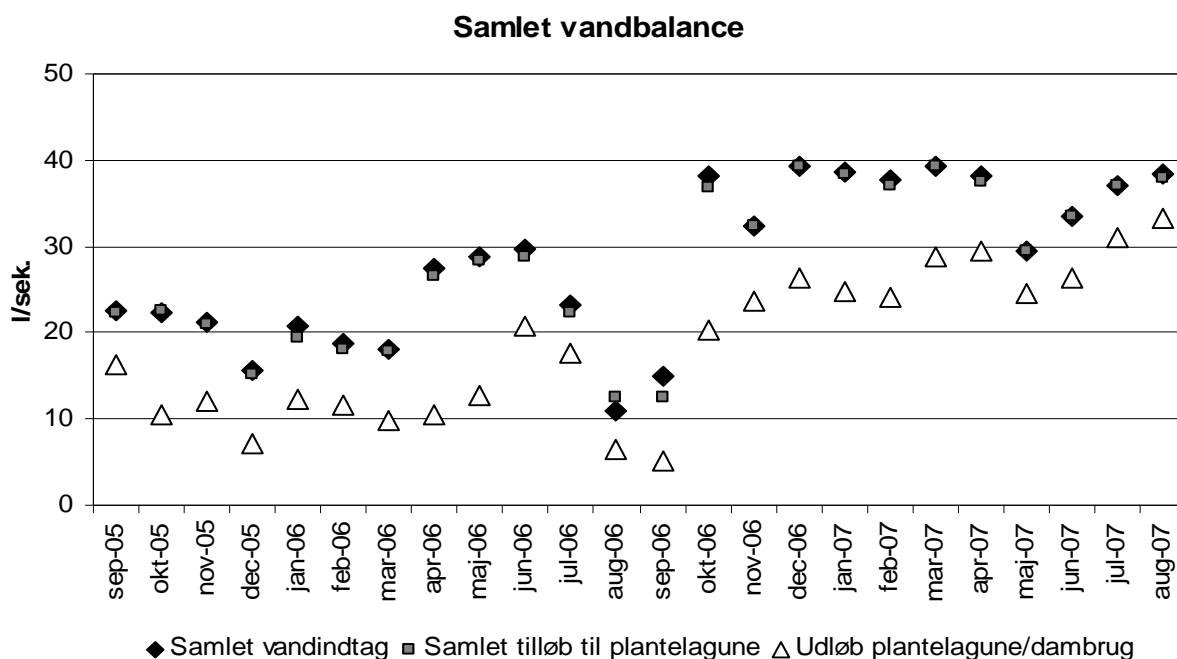
Figur 8 Eksempel på tilførsel til slamtank efter returskylning af biolfiltre/tømning af slamkegler og afløb af klaringsvand fra slamtank for 3 døgn i marts 2007 angivet i l/s.

5.3 Vandbalance

I første måleår, hvor produktionsenhed 2 ikke var i drift er der et samlet vandindtag på 21,9 l/s og et samlet tilløb til plantelagunen på 21,5 l/s. I andet år er de tilsvarende værdier 34,3 og 33,8 l/s. Der sker således kun et meget lille tab i over produktionsenhederne, sættefiskeanlæg og kummehus. Difference ligger indenfor måleusikkerheden.

Nedbør og fordampning over selve produktionsanlægget har kun en meget ringe betydning for vandbalancen, da det på årsbasis kun netto vil tilføre hvad der i middel svarer til ca. 0,1 l/s.

Udløbet fra plantelagunen, der svarer til dambrugets samlede afledning til vandløbet, er som middel i første måleår på 12,5 l/s og 24,4 l/s for andet måleår. Det samlede tilløb til plantelagunen er som middel henholdsvis 21,5 og 33,8 l/s (tabel 5). Der kan således konstateres et vandtab over plantelagunen på i gennemsnit ca. 9 l/s både i første og andet måleår, hvilket svarer til henholdsvis 42 og 28 % af vandtilførslen. Tabet var særlig stort i april og maj 2006 efter en forøgelse af vandindtaget og igen i oktober 2007 efter opstart efter produktionsuheldet. Mod slutningen af måleperioden er der en tendens til at tabet aftager, jf. figur 9.



Figur 9 Samlet vandbalance (l/s) over Abildtrup Dambruget, månedsmiddel.

Der kan findes 3 mulige forklaringer på tabet af vand fra plantelagunerne:

1. Der sker en nedsivning fra bunden af plantelagunerne til grundvandet.
2. Der sker en nedsivning til dræn og borerer til dambrugets indvinding.
3. Der er utætheder i afgrænsningen mellem plantelagunerne og vandløbet.

Ad 1). Hvis grundvandstanden er lavere end vandstanden i plantelagunerne kan der være en nedsivning fra disse. Afhængig af grundvandets strømningsretning, vil en andel af det tabte vand kunne strømme til vandløbet eller evt. i løbet af mange år via grundvandet til havet.

Ad 2). Nedsivning hvis grundvandstanden er lavere som under punkt 1. Da indvindingen af vand til dambruget sker fra dræn i umiddelbar nærhed af plantelagunerne, kan det strømme hertil og dermed blive genanvendt i produktionen.

Ad 3). Utætheder og udsivning vil kunne opstå, hvis der er en snæver afgrænsning med smalle dæmninger mellem plantelagune og vandløb.

På Abildtrup Dambrug kan tabet skyldes en kombination af alle 3 processer. Det virker sandsynligt, at der sker nedsivning til grundvand, da ådalens materiale er grus/sand. Det forekommer også sandsynligt at en del af det nedsivende vand kan strømme til vandindtaget i drænene. Hvor meget nedsivning, hvor stor en andel, der strømmer til dræningene og hvor meget der siver ud til vandløbet, kan ikke vurderes på det foreliggende datagrundlag. Det vil kræve en kortlægning af grundvandsbevægelser under og omkring dambruget, som ligger ud over måle- og dokumentationsprojektet, for at kvantificere de tre processer. I kapitel 9 og 12 omtales betydningen af dette vandtab if. beregnede rensegrader over plantelagunerne.

En mindre del af tabet kan skyldes direkte utætheder mellem plantelagunen og vandløbet. Et gammelt bygværk med afløb og rester af en fisketrappe mellem plantelagune og vandløbet er konstateret lettere utæt, og ved høj vandstand i plantelagunen kan der forekomme et beskedent overløb. Forholdet er påpeget overfor dambruget. Det vurderes dog, at denne utæthed kun udgør en lille del af det målte vandtab over plantelagunen.

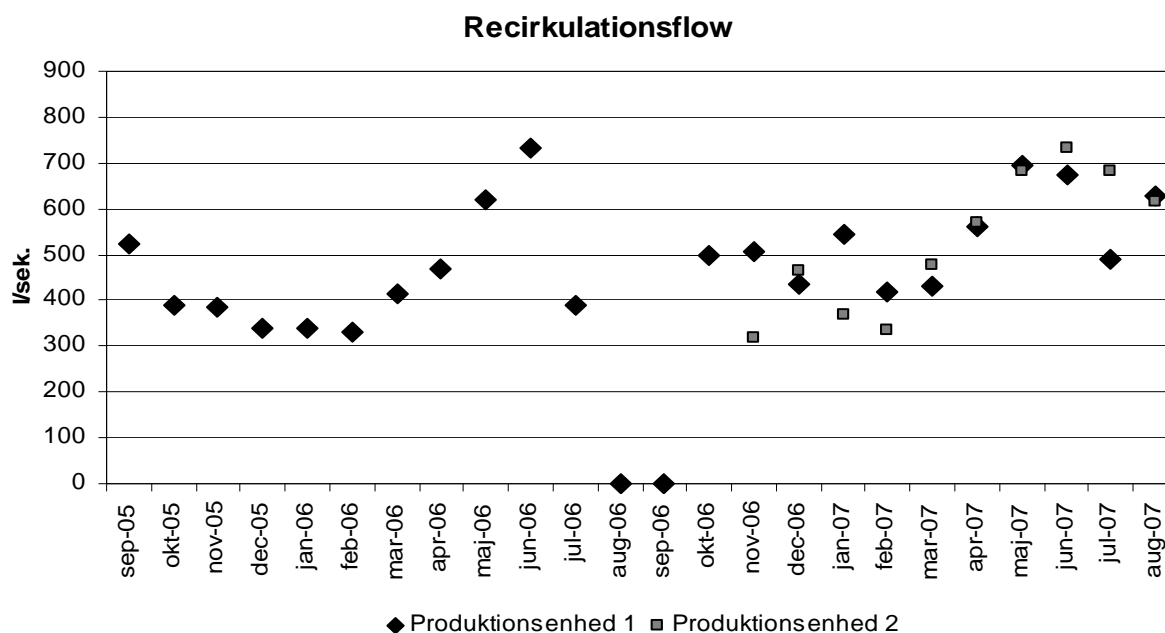
I perioden december 2006 – januar 2007 falder der ekstremt meget nedbør, og der registreres 2 - 3 gange mere end normalt for regionen. Endvidere er sommeren 2007 meget nedbørsrig. Der falder 40-50 % mere nedbør i andet måleår sammenlignet med det første. Dette kan have påvirket vandbalanceforholdene og grundvandstanden i ådalen, og dermed også tabet fra plantelagunen. Det forekommer endvidere sandsynligt det sandsynligt, at der med tiden sker en mindskeelse af infiltrationskapaciteten i bunden af plantelagunerne grundet ophobning af fine partikler i den øverste del af sedimentet i plantelagunens bund, som over tid vil mindste netto vandtabet over plantelagunerne og som måske også er en af forklaringerne på det reducerede vandtab i slutningen af 2. måleår.

Som for produktionsanlægget har nedbør og fordampning over selve plantelagunen kun ubetydelig indflydelse på middel-vandbalancen, som på et år maksimalt kan udgøre ca. 0,3 l/s.

5.4 Recirkulationsflow

Recirkulationen bliver drevet af luftpumperne i anlægget, så variationer i flowet også er en funktion af behovet for iltning. Flowet er som gennemsnit 410 l/s år 1 (hvor kun produktionsenhed 1 var i drift) og henholdsvis 488 (produktionsenhed 1) og 441 l/s (produktionsenhed 2) år 2. Recirkuleringen varierer meget over tid med normalt større flow i sommerperioden jf. figur 10. Flowet svarer til, at den gennemsnitlige strømhastighed i produktionsenhedernes sektioner med fisk er mellem 8 og 10 cm/sek.

Med et gennemsnitligt vandindtag til produktionsenhederne på 12,6 l/s i første og 23,5 l/s i andet måleår (Q_i) og en samlet recirkulering i de 2 enheder på 410 hhv. 929 l/s (Q_r) (tabel 4) betyder det, at recirkulationsgraden kan opgøres til 96,9 hhv. 97,5 %, beregnet som $(Q_r - Q_i)/Q_r$. For modeldambrug type III forudsættes en minimum recirkulationsgrad på 95 %.



Figur 10 Recirkulationsflow (l/s) i Abildtrup Dambrugs 2 produktionsenheder, månedsmiddel. Produktionsenhed 2 var kun i drift 2. måleår (fra oktober 2006) og der var ikke produktion fra medio juli til ultimo september 2006.

5.5 Vandforbrug/fodermængde

Ved at sammenholde det samlede vandindtag med det samlede foderforbrug kan det opgøres, at der på Abildtrup Dambrug er brugt 4.229 liter vand pr. kg foder i første måleår og 3.162 liter i andet år, svarende til 3.967 hhv. 3.407 liter vand pr. kg produceret fisk. Dette er en faktor 12-15 lavere end i et traditionelt gennemstrømningsdambrug.

5.6 Hydraulisk belastning af plantelagunen

Baseret på det beregnede areal af plantelagunerne (se kapitel 10.3) er den gennemsnitlige hydrauliske belastning af plantelagunen på Abildtrup Dambrug ca. 0,004 l/sek. pr. m² plantelagune i første måleår og ca. 0,007 l/sek. pr. m² i andet år. Det er kun ca. en femtedel hhv. en tredjedel af den forudsatte maksimale belastning på 1 l/sek. pr 48 m² (0,021 l s⁻¹ m⁻²) plantelagune i modeldambrugsbekendtgørelsen (*Bekendtgørelse om modeldambrug, 2002*).

6 Stofkoncentrationer forskellige steder på dambruget

Dette kapitel omhandler både målte stofkoncentrationer som beregnet gennemsnit for de to måleår i forskellige målepunkter på Abildtrup Dambrug. De forskellige figurer omfatter både første og andet års måleresultater for at få en præsentation af den samlede måleperiode i samme graf.

Gennemsnitskoncentration

I tabel 6 er beregnet gennemsnitskoncentration for de analyserede, udtagne vandprøver i det andet måleår ved forskellige målestationer på Abildtrup Dambrug. Endvidere er angivet spredningen på koncentrationerne over andet måleår. Det giver et billede af, hvordan der tilføres stof ved fiskeproduktionen i produktionsanlægget og hvordan der fjernes stof via bl.a. slamkegler, biofiltre, mikrosigter, slamtank og plantelagune. Det bemærkes at koncentrationerne for især spulevandet fra mikrosigter er meget høje for alle kemiske variable på nær for nitrit+nitrat kvælstof. Koncentrationer er høje men dog lavere for tømning (afløb) af slamkegler på nær for ammonium kvælstof og opløst fosfor hvor koncentrationen er næsten den samme som i spulevandet fra mikrosigterne. Koncentrationer er høj men noget lavere end i spulevandet fra mikrosigterne og afløb fra slamkegler i skyllevandet fra biofiltrene fraset nitrat-nitrit kvælstof, hvor koncentrationen den er en faktor 4-6 højere. Koncentrationen i skyllevandet fra biofiltrene er en del højere for fosforfraktionerne og organisk end nedstrøms end i afløbet fra produktionsenhederne (svarende til nedstrøms biofiltrene) mens der ikke er signifikant forskel på koncentrationen af kvælstoffraktionerne.

Koncentrationen af ammonium og total kvælstof er meget høje og høje for suspenderet stof, total fosfor og organisk stof i afløbsvand fra slamtank (klaringsvand). De er på niveau med eller større end i skyllevand fra biofiltre i produktionsenhederne.

Gennemsnitskoncentrationen af de kemiske koncentrationer nedstrøms biofiltrene (udløbsvand til plantelagunen) i produktionsenhed 1 er for alle parametre højere end i produktionsenhed 2, fra 10 til 30 % for de forskellige kemiske parametre. Tilsvarende er spredningen af koncentrationerne også lidt større nedstrøms biofiltret i produktionsenhed 2. Da der kun har været produceret fisk i produktionsenhed 2 i andet måleår er det ikke muligt at give tilsvarende tal for første måleår. Da biofiltret i produktionsenhed 1 har været i drift første måleår har der været etableret en biofilm heri, men der ingen produktion i den i perioden medio juli til ultimo september 2006. I gennemsnit var vandflowet i år 2 i produktionsenhed 1 lidt større (488 l/s) end i produktionsenhed 1 (441 l/s).

Gennemsnitskoncentrationerne i afløbet fra dambruget er højere i 2. måleår sammenlignende med år 1 på nær for total fosfor hvor den er ens og lavere for opløst fosfor (33 %). For suspenderet stof er gennemsnitskoncentrationer år 2 13 % højere end år 1, for ammonium kvælstof 10 %, nitrat+nitrit kvælstof 108 %, total kvælstof 71 %, BI₅ 7 % samt COD 21 %. Spredning er generelt også lidt højere andet måleår.

Målested	Susp. stof		NH ₄ -N		NO ₂₃ -N		Total-N		Ortho-P		Total -P		BI ₅		COD	
	Gen	Std	Gen	Std	Gen	Std	Gen	Std	Gen	Std	Gen	Std	Gen	Std	Gen	Std
Vandindtag OS okkerfilter	2,9	2,8	0,4	0,8	0,1	0,1	0,5	0,8	0,0	0,0	0,1	0,1	0,5	0,3	8,0	3,8
Vandindtag NS okkerfilter	2,2	1,3	0,6	0,4	0,4	0,3	1,1	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	0,3	9,4	3,2
Afløb sættefisk og kummehus	5,1	2,5	0,6	0,4	4,6	2,1	5,6	2,6	0,2	0,3	0,3	0,3	2,6	1,1	16,0	5,3
Slamkegler sættefisk+kummehus	1.372	1.232	8,1	7,9	1,4	1,7	61,5	51,3	3,3	4,1	41,0	38,2	694	600	1.870	1.610
OS biofilter prod. enhed 1	8,0	3,9	1,7	1,4	14,9	8,6	18,1	9,9	0,5	0,6	0,7	0,7	6,4	3,7	29,9	11,2
Afløb biofilter prod. enhed 1	159	115	0,8	1,0	13,5	8,1	21,8	9,9	0,5	0,6	5,0	4,1	32,6	21,6	171	109
Afløb slamkegler prod. enhed 1	1.790	751	6,6	5,0	3,8	5,1	74,7	30,4	11,2	9,2	54,9	24,0	1.093	479	2.849	1.075
Mikrosigtespulevand enhed 1	7.225	4.247	30,4	20,1	2,2	3,6	324	116	8,5	8,0	163	95,2	2.971	1.322	8.983	3.748
NS biofilter prod. enhed 1	7,4	4,5	1,3	1,3	15,0	8,6	17,7	9,7	0,5	0,6	0,7	0,7	6,1	3,9	30,2	11,9
OS biofilter prod. enhed 2	10,7	7,7	2,0	1,5	16,7	9,3	24,3	25,2	0,6	0,5	0,9	0,7	8,0	4,9	34,6	12,8
Afløb biofilter prod. enhed 2	152	63,8	1,2	1,1	17,1	8,9	27,0	8,6	0,7	0,6	4,3	1,8	41,4	22,9	188	79,2
Afløb slamkegler prod. enhed 2	2.196	1.539	9,2	8,1	4,0	6,1	106	60,9	13,1	7,3	68,3	50,2	1.430	947	3.646	1.993
Mikrosigtespulevand enhed 2	7.658	4.335	29,6	14,4	2,7	3,7	404	259	14,9	15,0	191	93,9	4.292	2.827	11.245	6.166
NS biofilter prod. enhed 2	10,5	8,7	1,9	1,8	17,0	9,4	20,4	10,2	0,6	0,5	0,9	0,7	7,7	4,6	34,8	12,9
Klaringsvand fra slamtank	141	74,3	17,7	6,9	0,8	1,2	26,7	10,1	0,3	0,6	4,5	3,3	46,5	32,4	204	106
Udløb dambrug år 2	8,5	6,3	2,3	0,9	8,3	4,6	11,6	5,5	0,3	0,3	0,6	0,6	3,1	3,0	25,1	10,7
Udløb dambrug år 1	7,5	6,3	2,1	2,5	4,0	1,8	6,8	2,7	0,4	0,4	0,6	0,5	2,9	3,2	20,8	9,9

Tabel 6 Gennemsnitskoncentrationen (Gen) og standardafvigelsen (Std) for de kemiske variable forskellige målesteder på Abildtrup Dambrug 2. måleår samt for udløbet for dambruget også i 1. måleår. OS = opstrøms; NS = nedstrøms.

Spredningen på koncentrationerne i løbet af det andet måleår er størst for de kemiske parametre ved målepunkter med høje koncentrationer som for spulevand i mikrosigterne, skyllevand fra biofiltre, slam fra tømnings af slamkegler og afløb fra slamtank (klaringsvand). Den procentvise standardafvigelse beregnet som procent af gennemsnitskoncentrationen giver år 2 den største spredning for orthofosfat med i gennemsnit 99 % over alle målepunkter og nitrit+nitrat kvælstof med 97 % og den laveste for COD med 46 % (tabel 7). Spredning på koncentrationerne for indtagsvandet er generelt lave.

Gennemsnittet af den procentuelle spredning (målt som gennemsnittet af standardafvigelsen i procent af gennemsnitskoncentrationerne for de enkelte målestationer) er for 1 af de 8 parametre større i det andet måleår (tabel 7). På de 10 målesteder hvor der er målinger i begge måleår er spredningen i den procentvise standardafvigelse i 6 af dem større i første måleår. Det skal bemærkes at produktionsenhed 2 og mikrosigterne først blev taget i brug i andet måleår, hvor sidstnævnte sikre en mere stabil belastning af biofiltrene.

DMU nr.	Susp	NH ₄ -N	NO ₂₃ -N	Total N	Ortho P	Total P	BI ₅	COD
Std % 1. år	80	111	94	80	109	83	76	61
Std % 2. år	64	83	97	61	99	76	62	46

Tabel 7 Gennemsnittet af de relative standardafvigelser for de kemiske koncentrationer for første og andet måleår for Aild Dambrug. Standardafvigelserne for hvert målested for de enkelte parametre er beregnet og derefter er den relative standardafvigelse beregnet som standardafvigelsen divideret med gennemsnitskoncentrationen for målestedet. Derefter er gennemsnittet af den relative standardafvigelse for målestederne beregnet for hver parameter.

Koncentrationsforløb for afløb produktionsanlæg og klaringsvand

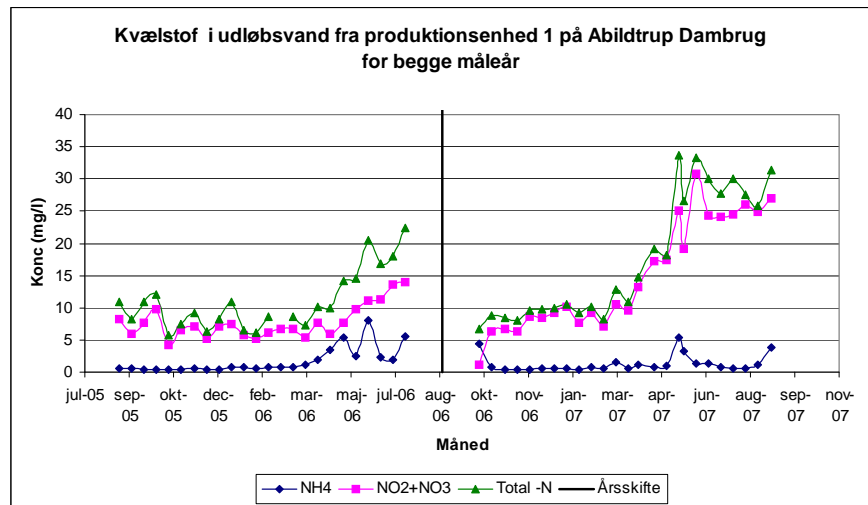
I figur 11-16 er der vist en række koncentrationsforløb over begge måleår ved målepunkter fra hvilke der udledes betydende stofmængder til plan-

telagunen, som udløb fra de 2 produktionsenheder og klaringsvand fra slamtank. Koncentrationsniveauerne kan også vise noget om, hvordan driften er forløbet over tid.

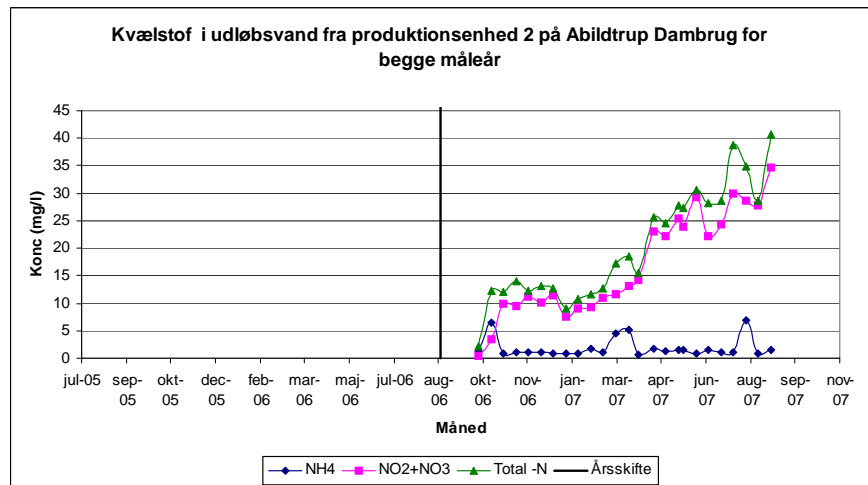
Koncentrationsudviklingen for kvælstoffraktionerne i produktionsenhed 1 er ret ensartet begge måleår. Fra september til marts varierer total kvælstof 6-10 N mg/l, men stiger kraftigt mod et sommerniveau på ca. 20 mg N/l år 1 og 25-35 mg N/l andet måleår (figur 11), hvor der samtidig også er stigende udfodring. Total-kvælstof og nitrit+nitrat-kvælstof har et næsten parallelt forløb, mens ammonium kvælstofkoncentration er ret lav i begge måleår (1- 2 mg N mg/l) dog noget højere (3-7 mg /l) om sommeren første måleår, hvor der også forekom massedød i produktionsanlæg 1. Produktionsenhed 2 der er i brug i andet måleår og kvælstoffraktionerne vise samme koncentrationsudvikling som for produktionsenhed 1 for andet måleår (figur 12).

Udviklingen i fosforkoncentrationen er ret ensartet i begge produktionsanlæg (andet måleår), hvor der er lavt koncentrationsniveau frem til marts 2007 dog et par mindre koncentrationstoppe i produktionsenhed 2 på op til 1 mg/l total fosfor (figur 13-14). Fra april og til august 2007 stiger total fosforkoncentrationerne op til 2-2,5 mg/l. I første måleår er vinterniveauet i produktionsenhed 1 ca. 3-4 gange højere end for andet måleår (figur 13). Koncentrationsudviklingen for orthofosfat fosfor er overordnet som for total fosfor, men stiger ikke så meget om sommeren. Det betyder at partikulært fosfor (forskellen mellem orthofosfat og total fosfor) er højest om sommeren, hvor der også er den største udfodring.

Udviklingen i den koncentration af organisk målt som BI₅ nedstrøms biofiltrene i de 2 produktionsenheder er overordnet set ens andet måleår, dog stiger koncentrationen mere i om sommeren i produktionsenhed 2 (figur 15-16). Kurveforløbet er stort set det samme som for kvælstof- og fosforfraktionerne men uden den samme kraftige koncentrationsstigning om sommeren. Organisk stof koncentrationen målt som COD følger groft set den tilsvarende koncentrationsudvikling som BI₅ i andet måleår. COD koncentrationer er generelt 4-6 gange højere end BI₅. Udviklingen i koncentrationen af BI₅ og COD i første måleår i produktionsenhed 1 har ikke noget udpræget sæsonudsving som ses andet måleår (figur 15). Koncentrationen af suspenderet stof følger BI₅ udviklingen (figur 15-16). Koncentrationsudviklingen har for alle parametre været temmelig ensartet for produktionsenhed 1 og 2 i andet måleår med lave koncentrationer fra oktober 2006 til marts 2007 hvorefter koncentrationen stiger relativt meget til et væsentligt højere sommerniveau.

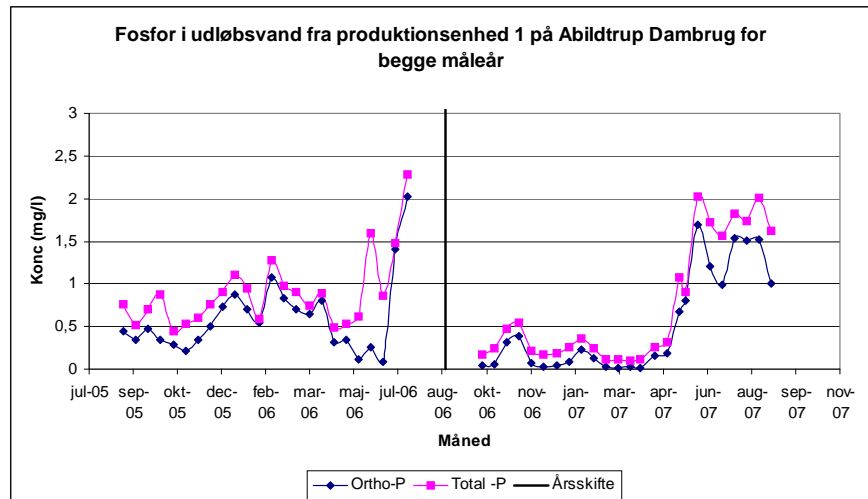


Figur 11

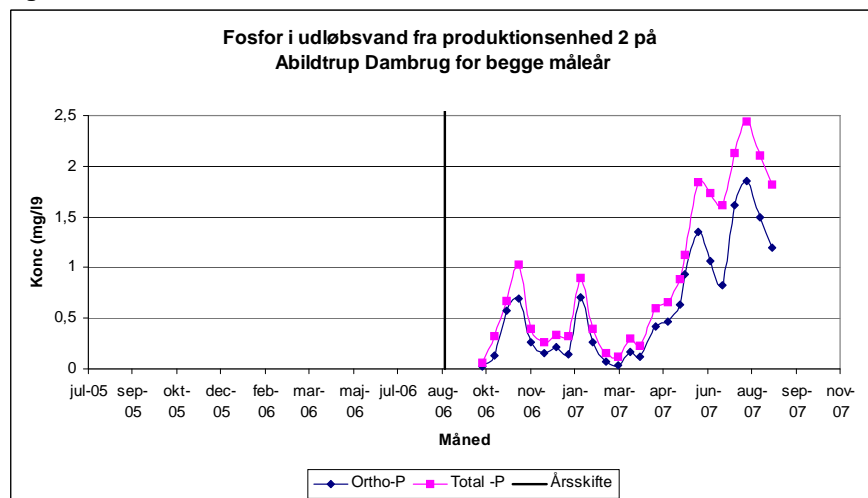


Figur 12

Koncentrationsudvikling i de to produktionsenheder (nr. 1 figur 11 og nr. 2 figur 12) på Abildtrup Dambrug over de to måleår for ammonium, nitrit+nitrat samt total kvælstof nedstrøms biofiltre svarende til koncentrationerne i det vand, der løber til plantelagunen fra produktionsenhederne. Produktionsenhed 2 var ikke i drift 1. måleår og der var grundet fiskedød og mindre ombygning i produktionsenhederne ingen produktion fra medio juli 2008 til ultimo september 2006.

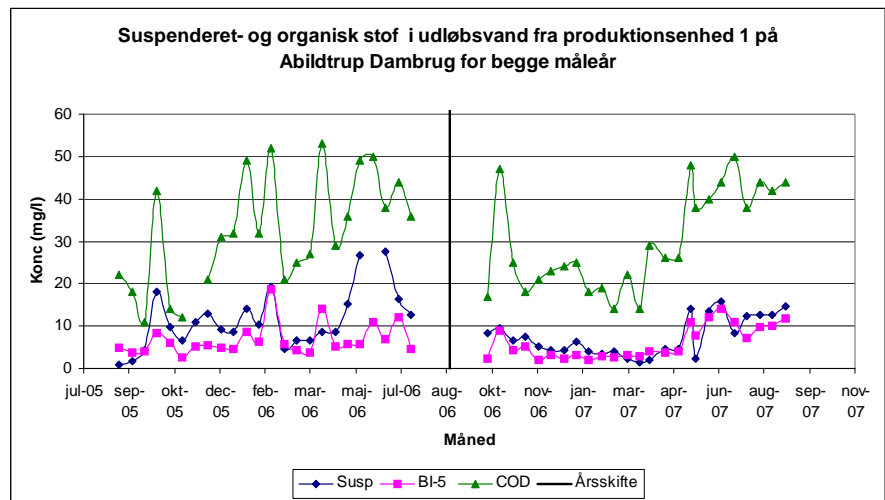


Figur 13

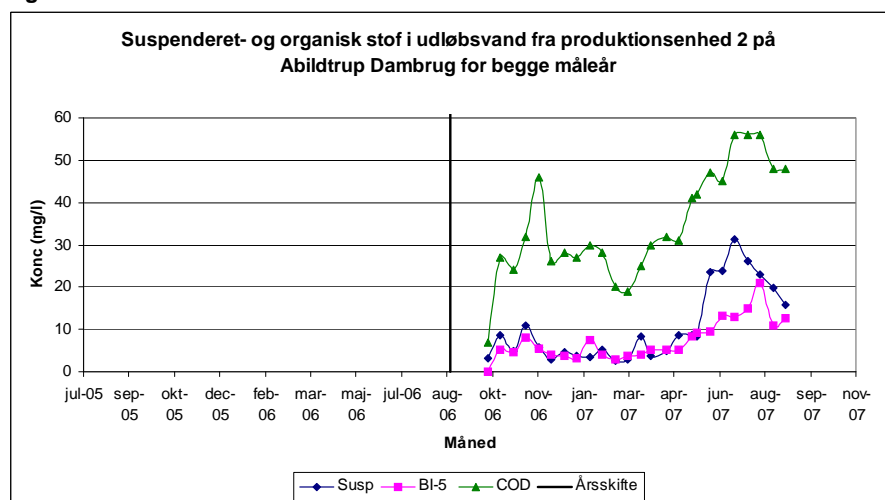


Figur 14

Koncentrationsudvikling i de to produktionsenheder (nr. 1 figur 13 og nr. 2 figur 14) på Abildtrup Dambrug over de to måleår for orthofosfat og total fosfor nedstrøms biofilter, svarende til koncentrationerne i det vand, der løber til plantelagunen fra produktionsenhederne. Produktionsenhed 2 var ikke i drift 1. måleår og der var grundet fiskedød og mindre ombygning i produktionsenhederne ingen produktion fra medio juli 2008 til ultimo september 2006.



Figur 15



Figur 16

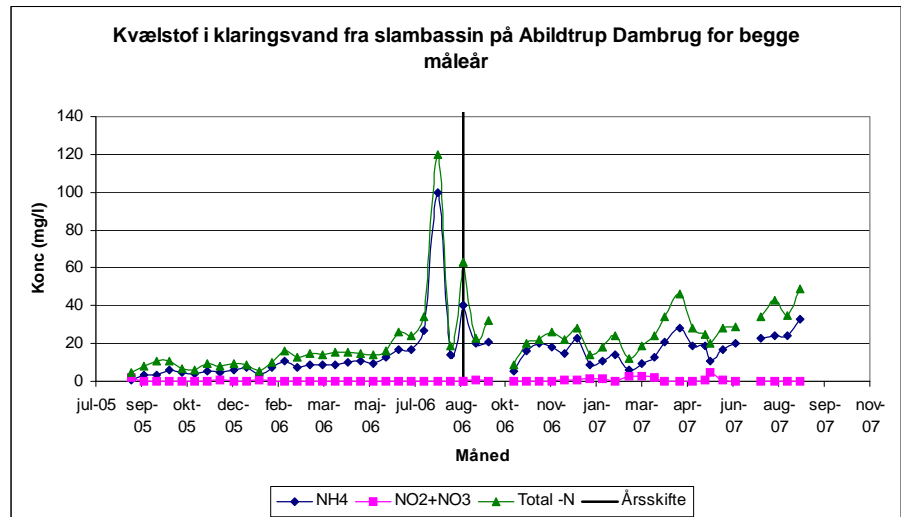
Koncentrationsudvikling i de to produktionsenheder (nr. 1 figur 15 og nr. 2 figur 16) på Abildtrup Dambrug over de to måleår for organisk stof målt som BI5 og COD og suspenderet stof nedstrøms biofilter, svarende til koncentrationerne i det vand der løber til plantelagunen fra produktionsenhederne. Produktionsenhed 2 var ikke i drift 1. måleår og der var grundet fiskedød og mindre ombygning i produktionsenhederne ingen produktion fra medio juli 2008 til ultimo september 2006.

Et betydeligt bidrag til plantelagunen kommer med klaringsvandet fra slamtanken (figur 17-19). Medio juli 2006 i slutningen af første måleår døde alle fisk i produktionsenhed 1 og ved den efterfølgende oprydning blev der ført store mængder akkumuleret stof fra denne produktionsenhed til slambassinet. I denne periode måles der i klaringsvandet fra slamtanken ekstremt høje koncentrationer for alle parametre selv for nitrit+nitrat kvælstof, som normalt stort set ikke er tilstede i klaringsvand. Grundet den meget høje tilførsel af slamvand til slamtanken har der været kontinuert åbnet for klaringsvandet, opholdstiden har været kort og der har ikke været tilstrækkeligt tid til at bundfælde partikler. Større mængder nitrat-nitrit kvælstof tilføres i denne periode grundet med større vand- og stofmængder, der suges op direkte fra produktionsenhed 1.

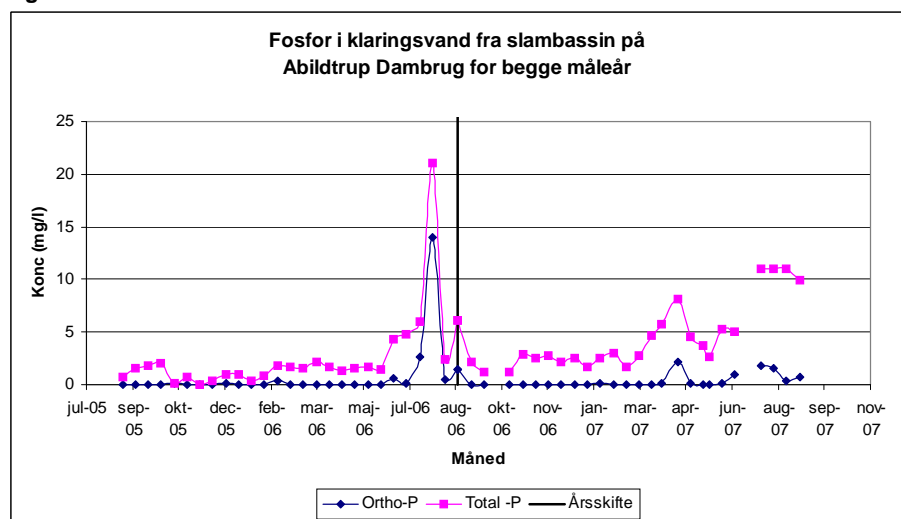
Ses der bort fra denne periode er koncentrationen stigende gennem første måleår for alle parametre på nær for nitrit+nitrat kvælstof fra opstart i september 2005 til opstarten på andet måleår. Herefter er koncentrationsniveauet relativt konstant frem til marts 2007, hvorefter der er en overordnet stigende tendens mod højere koncentrationen om sommeren andet måleår. I andet måleår er begge produktionsenheder taget i brug, hvorfor stoftilførslen til slamtank også har været højere i andet måleår ligesom det er tilfældet i begge sommerperioder. hvor udfordringen jf kapitel 3 er størst.

I modsætning til afløb fra produktionsenhederne har klaringsvandet fra slamtank en meget lav nitrat+nitrit kvælstof koncentration, mens koncentration af ammonium-kvælstof og partikulært kvælstof (total kvælstof minus ammonium og nitrat-nitrit kvælstof) er høje. I slambassiner foregår der en denitrifikation af nitraten under forbrug af let omsætteligt organisk stof samtidig med der foregår en - omend i mindre omfang - dissimilatorisk nitrat reduktion til ammonium kvælstof.

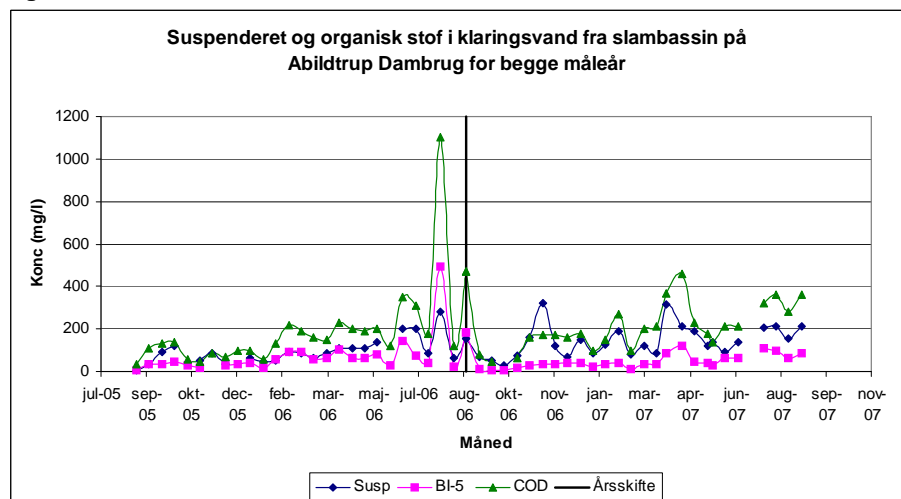
Tilsyneladende udgør opløste i klaringsvandet i hovedparten af måleperioden under halvdelen af total fosfor, men dog en højere andel i slutningen af andet måleår. Som omtalt i kap. 5 går der i de fleste tilfælde nogle timer fra slamvand tilføres slamtank til der afledes klaringsvand, således at en del partikler kan bundfældes. Med klaringsvandet tilføres plantelagunen dog finpartikulært materiale med tilhørende partikelbundet kvælstof, fosfor og organisk stof.



Figur 17



Figur 18

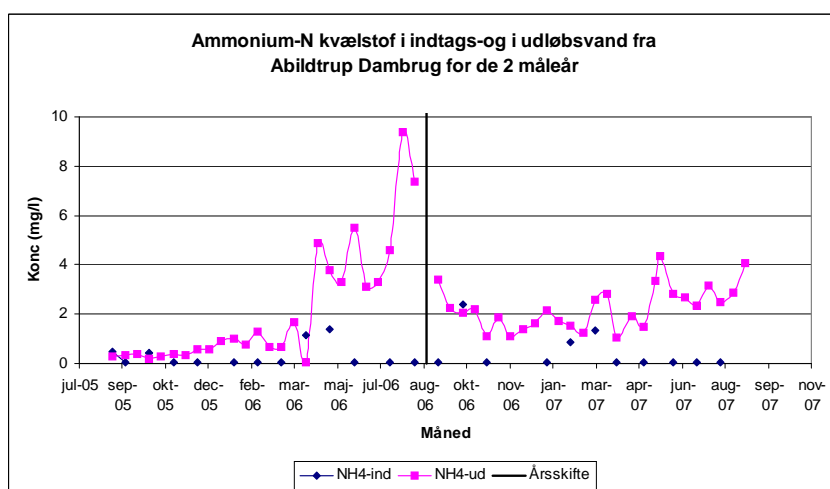


Figur 19

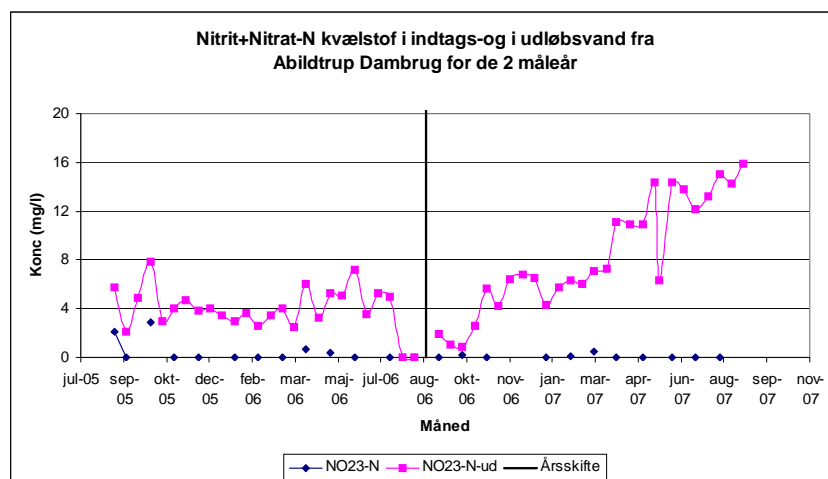
Koncentrationen af kvælstoffraktioner (ammonium, nitrit+nitrat og total kvælstof) (figur 17), fosforfraktioner (orthofosfat og total fosfor) (figur 18), organisk stof (BI5, COD) samt suspenderet stof (figur 19) på Abildtrup Dambrug i klaringsvand fra slamtanken. Klaringsvandet løber til plantelagunen.

Koncentrationsforløb i indtags- og udløbsvandet

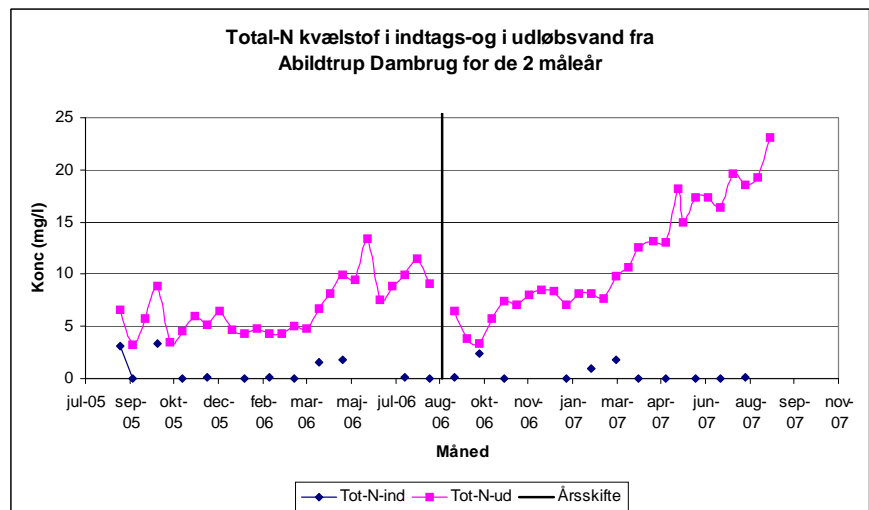
I figur 20 til 27 vises koncentrationsforløbet for de målte kemiske parametre i henholdsvis indtagsvandet til Abildtrup Dambrug og i udløbet fra plantelagunen (dvs. udløb fra dambruget) for begge måleår. Værdier for det vand, der tilledes plantelagunen er vist for udløbsvandet fra de to produktionsenheder og klaringsvandet i figur 11-19. Forskellen i de vægtede stofkoncentrationerne i vandet, der ledes til plantelagunen og udløbsvandet fra denne, afspejler plantelagunes kapacitet til at omsætte/tilbageholde stofferne med forbehold for et evt. stoftab med vandet der tages via plantelagunens bund. Da det relative vandtab over plantelagunerne er forskelligt de to måleår er det lidt sværere helt præcis at fastlægge omsætning/tilbageholdelse i plantelagunerne af de forskellige stoffer, da stofkoncentrationen det nedsivende vand fra plantelagunens bund er ukendt.



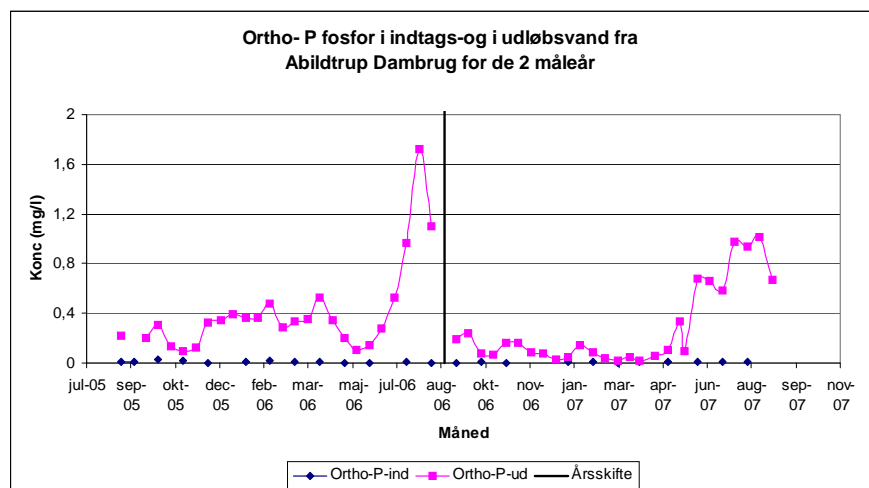
Figur 20 Ammonium kvælstof koncentrationen (mg/l) i indtagsvandet til Abildtrup Dambrug og i udløbet herfra til Vorgod Å i første og andet måleår.



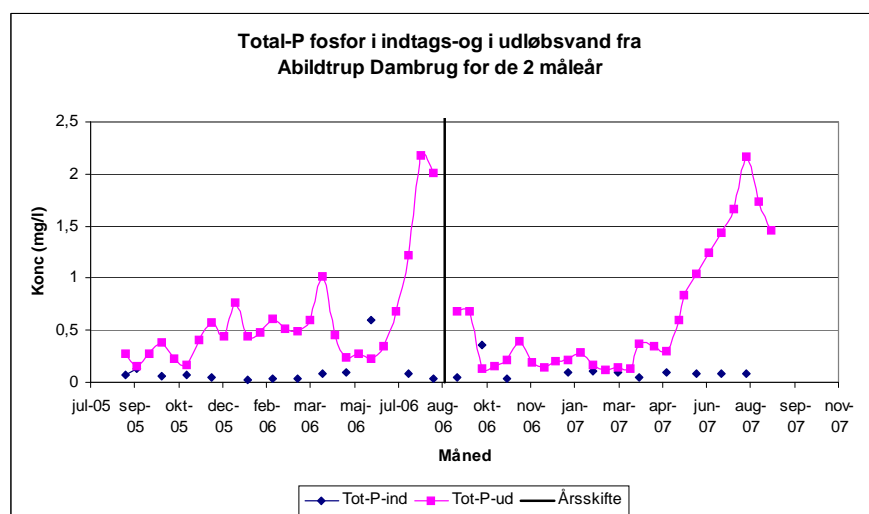
Figur 21 Nitrat+nitrit kvælstof koncentrationen (mg/l) i indtagsvandet til Abildtrup Dambrug og i udløbet fra dambruget til Vorgod Å i første og andet måleår.



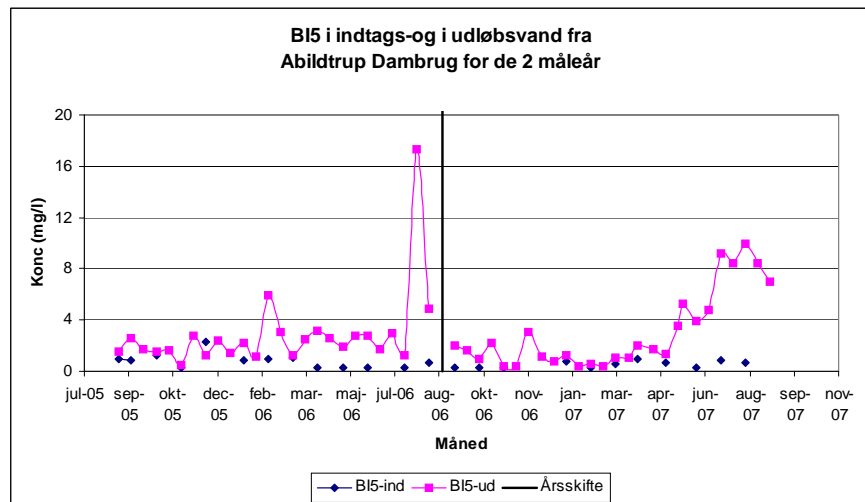
Figur 22 Total kvælstof koncentrationen (mg/l) i indtagstvandet til Abildtrup Dambrug og i udløbet fra dambruget til Vorgod Å i første og andet måleår.



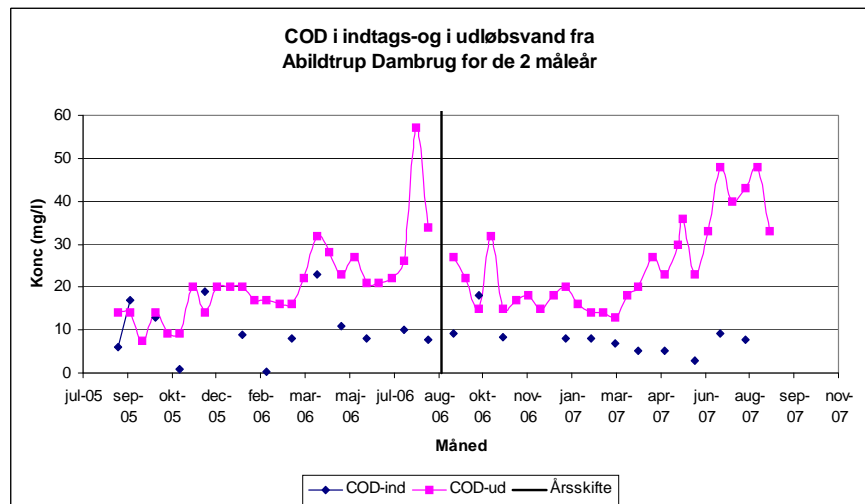
Figur 23 Orthofosfat fosfor koncentrationen (mg/l) i indtagstvandet til Abildtrup Dambrug og i udløbet fra dambruget til Vorgod Å i første og andet måleår.



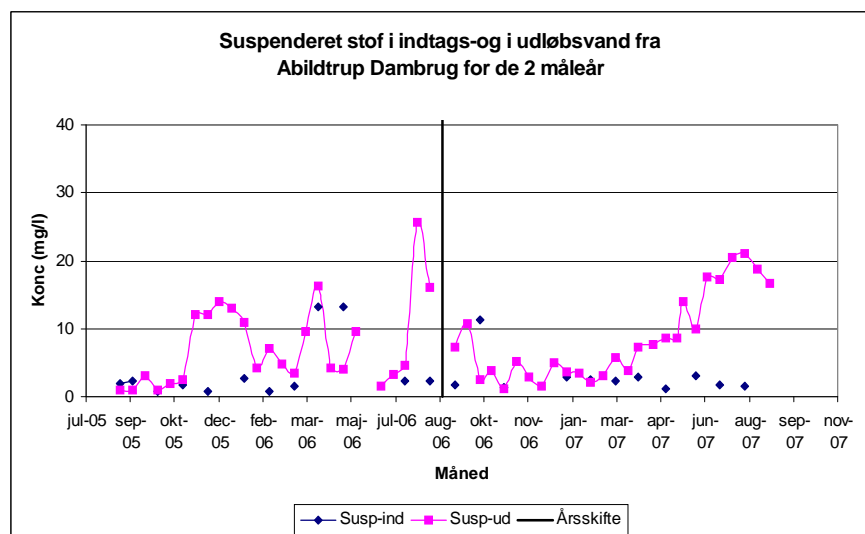
Figur 24 Total fosfor koncentrationen (mg/l) i indtagstvandet til Abildtrup Dambrug og i udløbet herfra til Vorgod Å i første og andet måleår.



Figur 25 BI₅ koncentrationen (mg/l) i indtagstvandet til Abildtrup Dambrug og i afløbet fra dambruget til Vorgod Å i første og andet måleår.



Figur 26 COD koncentrationen (mg/l) i indtagstvandet til Abildtrup Dambrug og i afløbet fra dambruget til Vorgod Å i første og andet måleår.



Figur 27 Suspendert stof koncentrationen (mg/l) i indtagstvandet til Abildtrup Dambrug og i afløbet til Vorgod Å i første og andet måleår.

For stofkoncentrationerne i indtagstvandet, der stammer fra boring plus dræn under og omkring plantelagunen er der ingen forskel mellem første og andet måleår. For de fleste parametre er det ikke muligt at se en sæsonmæssig udvikling (figur 20-27), dog har total fosfor tendens til lidt højere værdier om sommeren (figur 24). Koncentrationsniveauet er for de fleste stoffer meget lavt i forhold til udlederkoncentrationerne, men for organisk stof målt som COD (figur 26) og suspenderet stof (figur 27) er koncentrationen i indtagstvandet i perioder kun lidt lavere end i udløbstvandet og har dermed en vis betydning for stoftilførslen til dambruget.

Total kvælstofkoncentrationen i udløbet fra Abildtrup Dambrug har generelt samme koncentrationsforløb som i udløbstvandet fra produktionsenhederne, dvs. et relativt lavt koncentrationsniveau om efteråret-vinteren men fra april en kraftig stigning til et højt sommerniveau for begge måleår. Efterårs-vinter niveauet er på ca. 5 mg N/l i det første måleår og ca. 7 mg N/l i det andet og med sommerværdier op til godt 20 mg N /l i andet måleår (figur 20). Hovedparten af total kvælstof er på af ammonium og nitrat+nitrit kvælstofform, mens partikulært kvælstof (organisk kvælstof) kun udgør en mindre andel. Koncentrationsforløbet af nitrit+nitrat kvælstof (hvor langt hovedparten er nitrat) følger ret nøje koncentrationsudviklingen for total kvælstof, dog med mindre udpræget koncentrationsstigning om sommeren i første måleår (figur 21). Samtidigt er ammoniumkoncentrationerne i udløbet fra dambruget ekstremt høje i perioden maj-juli i første måleår (6-9 mg N/l), sammenfaldende med de meget høje ammoniumkoncentration i afløb fra produktionsenhederne og med klaringsvand fra slamtank. I andet måleår når ammoniumkoncentrationerne om sommeren kun op til det halve af første års værdierne men er næsten dobbelt så høje i vinter 2006/07 som den forrige vinter (figur 20).

Den lavere ammonium kvælstof koncentrationer i udløbet fra dambruget i 2. måleår i sommerperioden er sket til trods af at ammoniumkoncentrationen i klaringsvandet fra slamtank er steget i andet måleår, men til gengæld er det faldet i udløbet fra produktionsenhederne. Der tilføres i gennemsnit væsentligt større vandmængder til plantelagunen år 2 fra produktionsenhederne (31,7 år 2 mod 20,3 l/s år 1) og med klaret slamvand (2,1 l/s år 1 mod 1,2 l/s år 1). Dette kan være med til at forklare den højere vinterkoncentration i afløbet fra dambrug år 2 af ammonium kvælstof. Trods mere end en fordobling af foderforbrug 2 måleår og idriftsætning og indkøring af produktionsenhed 2 ser det ud til at biofilterne ved nitrifikationsprocessen fuldt ud har kunnet omsætte den større ammonium tilførsel andet måleår sammenlignet med år 1. Nitrifikationen har tilsyneladende ikke fungeret optimalt om sommeren første måleår. Nitrifikationen fjerner ikke kvælstof men bringer den på nitratform, der kan optages af planterne til øget bl.a. plantevækst i plantelagunen eller denitrificering ved bunden heri men ikke i et omfang, der har kunnet modvirke at den øgede tilførsel af nitrat+nitrit kvælstof til plantelagunen har medført en væsentlig højere nitrat+nitrit kvælstofkoncentration og -mængden i afløbet fra dambruget år 2.

Total kvælstof koncentration i udløbet fra plantelagunen er også højere i andet måleår end i første, men det er tilførslen fra produktionsenhederne

og klaringsvandet også (figur 22). Da vandtabet over plantelagunen relativt har været noget mindre i det andet måleår må det antages at tabet af opløste stoffer ved nedsivning i det andet måleår også har relativt mindre betydning sammenlignet med år 1.

I lighed med nitrat+nitrit kvælstof kan orthofosfat optages af planterne i plantelagunen i vækstsæsonen. Det kan også i et vist omfang bindes til partikler herunder slam, der ligger på bunden af plantelagunerne og der kan også følge med nedsivningsvandet ud af plantelagunens bund og sider. Udløbskoncentrationen for orthofosfat fosfor følger overordnet tilførslen fra produktionsenhederne, således at de laveste koncentrationer forekommer om efteråret – vinteren og med ret høje koncentrationstoppe i perioden maj-september (figur 23). I lighed med koncentrationen i udløbet fra produktionsenhederne er koncentrationsniveauet i udløbsvandet om efterår-vinteren lavere i andet måleår selv om klaringsvandet har højere koncentrationer i andet måleår. Optaget i planterne i plantelagunen er ikke tilstrækkeligt til i væsentlig omfang at hindre en stigning i koncentrationen af orthofosfat i planternes vækstsæson. Total fosfor koncentrationen i afløbet følger ganske pænt den årstidsbestemte fosfortilførsel til plantelagunen fra produktionsenhederne (figur 24).

Koncentrationstoppe af total fosfor om sommeren er sammensat forskelligt i de to måleår. I første måleår består total fosfor hovedsageligt af orthofosfat, mens toppen i andet måleår har et meget stort indhold af partikulært fosfor (forskellen mellem total fosfor og orthofosfat fosfor).

Produktionsvilkårene er ændret mellem de to måleår og det ar tilsyneladende ført til uændrede koncentrationer af orthofosfat og ammonium kvælstof i afløbet fra dambruget trods den absolutte stofbelastningen af plantelagunen med disse stoffer i andet måleår er fordoblet med idriftsættelse af produktionsenhed 2. Denne fordobling i produktionsbidraget kommer til udtryk som væsentlig højere total kvælstofkoncentrationer men ikke for total fosfor. Med idriftsættelsen af produktionsenhed 2 fordobles biofilter kapaciteten. Samtidig er der i starten af år 2 monteret og idriftsat mikrosigter, der er gode til at fjerne partikler med bl.a. fosfor som føres over i slamtanken.

Koncentrationsforløbet i afløbet fra Abildtrup Dambrug for henholdsvis BI_5 (figur 25) og COD (figur 26) er i 2. måleår ret ensartet og det afspejler koncentrationen i tilførslen fra produktionsenhederne (figur 15-16). BI_5 og COD koncentrationerne i afløbet fra dambruget er i efterårs-vinterperioden lidt lavere andet måleår end i første, mens koncentrationsniveauet om sommeren fraset en enkelt måling er noget højere i andet måleår. Den meget høje koncentration i afløbet i juli måned 2006 hænger sammen med massedødsfaldet i produktionsenhed 1 og er repræsenteret af en enkelt måleværdi, som man også gen fandt i klaringsvandet i forbindelse med oprensning af produktionsenhed 1.

COD koncentrationen er 5-8 gange højere end BI_5 , dvs. at hovedparten af det organiske stof i afløbet fra Abildtrup Dambrug ikke overraskende er langsomt eller svært omsætteligt (figur 25-26).

Koncentrationen af suspenderet stof (partikler) i afløbet fra dambruget varierer en del i løbet af det første måleår og væsentlig mindre det andet. Koncentrationen er som gennemsnit for hele 2. måleår højere end år 1,

men det skyldes sommerniveauet er højere i år 2. Ligesom for de øvrige parametre er der en kraftig stigning fra april og frem til august 2007 (figur 27). Koncentrationen af suspenderet stof følger tilførslen fra produktionsenhederne til plantelagunen (figur 15) og 16 og ikke fra klaringsvandet, hvor koncentrationen af suspenderet stof er nogenlunde konstant gennem andet måleår.

Udløbskoncentrationerne fra plantelagunen på Abildtrup Dambrug afspejler i høj grad koncentrationerne i afløbet fra produktionsenhederne.

7 Overholdelse af udlederkrav

I miljøgodkendelsen for Abildtrup Dambrug) er der opstillet en række udlederkrav i forsøgsperioden (*Ringkøbing Amt, 2003*). Miljøgodkendelsen beskriver, at udlederkontrollen skal foretages med to forskellige kontrolmetoder. Kontrolstofferne BI_5 og ammonium kvælstof skal kontrolleres ved tilstandskontrol, dvs. på størrelsen af den generelle overkoncentration. De resterende 3 kontrolstoffer - suspenderet stof, total kvælstof og total fosfor - skal kontrolleres efter transportkontrol, hvor kravværdierne, udtrykt som nettodøgnudledning, skal justeres som beskrevet i *Pedersen et al. (2003)*. Justeringen foretages ved anvendelse af beregnede standardafvigelse for de observerede nettoudledninger for henholdsvis første og andet måleår. I tabel 8 er kravværdierne jf. Miljøgodkendelsen angivet i kolonne 2 og de justerede kravværdier baseret på det faktiske gennemsnits vandforbrug i hver af de to måleår er angivet i kolonne 3. Kravværdierne fra miljøgodkendelsen er angivet i kapitel 2.3 tabel 2.

I tabel 8 er resultaterne af udlederkontrollen for de to måleår angivet. Det antages at sikkerheden for overholdelse af udlederkravene skal være 95 % (sikkerheden for miljøet) som forudsat i Dambrugsbekendtgørelsen og anbefalet i *Pedersen et al. (2003)*. Sædvanligvis regnes 95 % statistisk sikkerhed for at være temmelig høj.

Kontrol parameter	Kravværdi jf. Miljøgodkendelse.	Justeret kravværdi	Udledning efter Bekendt. modeldambrug år 1/år 2	Teoretiske kravværdier fra Dambrugsbekendtgørelsen
Susp. stof	129,6 kg d ⁻¹	121,09 kg d ⁻¹ /112,3 kg d ⁻¹	-4,54 kg d ⁻¹ /4,17 kg d ⁻¹	129,6 kg d ⁻¹
NH₄-N	3,25 mg l ⁻¹	-	3,5 mg l ⁻¹ /2,37 mg l ⁻¹	3,25 mg l ⁻¹
Total-N	25,92 kg d ⁻¹	22,28 kg d ⁻¹ /12,23 kg d ⁻¹	4,71 kg d ⁻¹ /19,5 kg d ⁻¹	25,92 kg d ⁻¹
Total-P	2,16 kg d ⁻¹	1,68 kg d ⁻¹ 0,733 kg d ⁻¹	0,182 kg d ⁻¹ /0,545 kg d ⁻¹	2,16 kg d ⁻¹
BI₅	8,13 mg l ⁻¹	-	3,3 mg l ⁻¹ /3,85 mg l ⁻¹	8,13 mg l ⁻¹

Tabel 8 Kontrol på udledningerne fra Abildtrup Dambrug for første og andet måleår med beregnede statistiske udlederværdier beregnet efter miljøgodkendelsen udlederkrav, som anbefalet i Bekendtgørelsen om modeldambrug, jf. *Larsen og Svendsen (1998a)*. Der er beregnet efter en statistisk sikkerhed på overholdelse af udledninger på 95 %. Med kursiv er vist, hvor udlederkravene ikke er overholdt de to måleår. Sidste kolonne er de beregnede udlederværdier, hvis dambrugsbekendtgørelsens vejledende udlederværdier (som er angivet i parentes i mg l⁻¹) ganges med forholdet mellem tilladt vandindtag før ombygning og max. vandindtag efter ombygning (500 l/s / 61,5 l/s=8,13).

Den statistisk beregnede udlederværdi, der sammenholdes med udlederkravet, findes som gennemsnits overkoncentrationen (nettoudledningen) i kontrolperioden (her henholdsvis måleår 1 og 2) plus spredningen på overkoncentrationerne (nettoudledningerne) i kontrolperioden ganget med en statistisk justeringsfaktor, som beregnes jf. *Larsen og Svendsen (1998b)* og *Pedersen et al. (2003)*. Kursiv i tabel 8 angiver, hvor udlederkravene ikke er overholdt for en given kemisk variabel. Udlederkontrollen

viser, at Abildtrup Dambrug overholder udlederkrav i begge måleår på nær for ammonium kvælstof år 1 og total kvælstof år 2, hvor udlederværdien er henholdsvis på 108 % og 159 % af kravværdien. For de øvrige stoffer ligger udledningerne en del eller meget under kravværdierne. Udlederkontrollen viser, at i andet måleår, hvor foderforbruget er ca. det dobbelte af år 1, er udlederværdierne for suspenderet stof, total kvælstof, total fosfor samt BI₅ højere end år 1, mens ammonium kvælstof har været noget lavere. Udlederværdien er 21 % af kravværdien for total kvælstof år 1 mod den 159 % år 2. Tilsvarende tal for total fosfor er 11 % år 1 mod 74 % år 2 og for BI₅ 41 % år 1 mod 47 % år 2. I absolutte værdier er udlederværdien godt 4 gange højere for total kvælstof og 3 gange for total fosfor år 2 sammenlignet med år 1. Ved vurdering af de transportbaserede kravværdier (suspenderet stof, total kvælstof og total fosfor) skal man være opmærksom på at de er afhængige af det faktiske vandindtag som er ca. 57 % år 2 højere end år 1.

I tabel 8 er også angivet, hvad kravværdien teoretisk ville blive efter Dambrugsbekendtgørelsens vejledende udlederkravværdier, såfremt hele reduktionen i vandindtaget sammenlignet med før ombygningen til et modeldambrug, blev godskrevet dambruget, svarende til en faktor 8,13 (forholdet mellem tidligere vandindtag, der var 500 l/s (svarende til median minimum opstrøms dambruget, mens medianminimum nedstrøms dambrug er 910 l/s) og tilladte vandindtag efter ombygning på 61,5 l/s). Heraf fremgår at Abildtrup Dambrug netop har fået fuldt kompensation for reducerede vandforbrug.

8 Massebalancer

8.1 Produktionsbidrag

I følge den førte driftsjournal har det samlede foderforbrug (dvs. i de to produktionsanlæg plus sættefiskeanlæg og i kummehuset) i det andet måleår været på i alt 342,0 tons mod tilsvarende 164,6 tons i første måleår. Der er beregnet en samlet produktion på 317,5 tons fisk (inkl. døde) med en antaget foderkvotient for de to produktionsenheder på produktionsanlægget på 1,100 (se kapitel 3.1). I første måleår er den tilsvarende foderkvotient beregnet til 0,936 med en samlet produktion på 175,4 tons fisk (inkl. døde).

I kapitel 3.2 er redegjort for beregning af produktionsbidraget som er det bidrag der kommer fra den samlede fiskeproduktion. Produktionsbidraget fremgår af tabel 9 med antagelse om 1 % foderspild. For måleår 1 er produktionsbidraget ændret jf. diskussionen i kapitel 3.2 (justeret op). Det øgede produktionsbidrag i andet måleår skyldes en næsten fordobling af produktionen idet produktionsenhed 2 først blev taget i brug først fra slutningen af september 2006 i andet måleår blev.

Produktionsbidrag	NH ₄ - N		Total-N		Total-P		BI ₅		COD	
	År 1	År 2	År 1	År 2	År 1	År 2	År 1	År 2	År 1	År 2
I kg	5.637	14.635	6.855	16.300	1.381	1.918	15.421	35.563	44.059	101.607
I kg pr. tons foder	34,2	42,8	41,6	47,7	8,4	5,6	93,7	104	268	297
I kg pr tons fisk	32,1	46,1	39,1	51,3	7,9	6,0	87,9	112	251	320

Tabel 9 Beregnede produktionsbidrag for hhv. første og andet måleår på Abildtrup Dambrug opgjort i kg, kg pr. tons foder og kg. pr. tons produceret fisk samlet for både de to produktionsenheder og for sættefiskeanlæg og kummehus.

Det bemærkes at produktionsbidraget i forhold til foderforbrug og produktion af fisk i det samlede produktionsanlæg er højere i andet måleår for alle parametre undtagen for fosfor. Det højere produktionsbidrag skyldes ikke mindst grundet den høje dødelighed i begyndelse af år 2 som er omtalt i kapitel 3. Det lavere produktionsbidrag for fosfor kan sandsynligvis relateres til brug af andre fodertyper og ændret sammensætning i foderet.

8.2 Massebalancer

For at kunne beregne hvor meget stof der fjernes i forskellige dele af dambruget kræves opgørelser over, hvor store stofmængder der er tilført og afledt forskellige steder på dambruget. Herved kan opstilles massebalancer hen over de to produktionsenheder, plantelagunerne, over hele dambruget m.v. Stofmængderne er (fraset produktionsbidraget) beregnet ved at gange en daglig vandmængde et givent målested med en tilhørende døgnmiddelkoncentration. Vandmængderne måles kontinuert i en række målepunkter (se kapitel 2) for hvilke der er beregnet en døgnmiddel vandmængde. De døgnlige stofkoncentrationer er fundet ved li-

neær interpolation mellem de målte døgnmiddelkoncentrationer fra prøvetagning af vandkemiske prøver hver 14. dag. Stofmængderne forskellige steder på dambruget fremgår af tabel 10.

Der er to kilder til stofinput: Indtagstvandet (= I) fra dræn og boringer og foder (produktionsbidraget = P). Produktionsbidraget ses som et stofbidrag fra slamkegletømning i de to produktionsenheder, returskyllning af biofiltre i produktionsanlægget, spulevand fra mikrosigterne samt via de forøgede stofmængder der løber ud af produktionsanlægget og med klaringsvand fra slamtank til plantelagunerne ift. indtagstvandet. Produktionsbidraget er opgjort samlet for de to produktionsenheder, sættefiskeanlæg og kummehuset.

Produktionsbidraget er den klar væsentligste stoftilførselskilde til dambruget, idet den udgør 90-98 % af stoftilførslen for de stoffer den kan beregnes for (ammonium og total kvælstof, total fosfor samt organisk stof).

	Vand 1000 m ³	Susp kg	NH ₄ -N kg	NO ₂₊₃ -N kg	Total-N kg	Ortho-P kg	Total-P kg	BI ₅ kg	COD kg
Indtagstvand brønd	1.018	2.878	407	67	458	6	100	562	8.086
Indtagstvand kummehus	61	143	40	33	74	0	3	27	548
Indtagstvand dræn (I)	1.078	3.021	447	99	531	7	103	589	8.634
Produktionsbidrag (P)	-	-	14.635	-	16.300	-	1.918	35.563	101.607
Samlet stofinput (I+P)	1.0.78	3.021	15.082	99	16.831	7	2.022	36.152	110.241
Slamkegler produktionsenhed 1	4,3	7.555	27	15	314	44	216	4763	12.155
Slamkegler produktionsenhed 2	4,2	8.972	38	17	446	53	274	6.147	15.608
Slamkegler (prod 1+prod 2)	8,5	16.527	65	31	760	98	489	10.910	27.763
Biofilterskyl produktionsenhed 1	4,6	708	3	63	101	2	22	148	760
Biofilterskyl produktionsenhed 2	4,6	709	5	79	126	3	20	194	877
Biofilterskyl produktionsenhed 1+ 2	9,2	1.417	9	142	227	5	42	342	1638
Mikrosigte produktionsenhed 1	5,5	40.937	160	12	1.791	43	863	16.862	48.877
Mikrosigte produktionsenhed 2	1,3	10.830	43	4	560	22	265	5917	15.462
Mikrosigte produktionsenhed 1+ 2	6,8	51.767	203	16	2351	64	1.128	22.779	64.339
Slambrønd sættefisk og kummehus	9,8	11.340	53	15	449	21	274	5473	14.214
Ekstra skyllevand	31	237	39	376	450	13	20	168	834
Tilført slamtank i alt	65	81.288	369	581	4.237	202	1.953	39.672	108.788
Udløb prod.enhed 1 til plantelagune	364	2.538	422	5.076	5.958	168	243	2.015	10.520
Udløb prod.enhed 2 til plantelagune	314	3.122	548	4.889	5.960	113	197	2.157	10.628
Ud. sættefisk+kummehus til pl.lagune	317	1.677	171	1.393	1.715	46	87	778	5.089
Klaringsvand slamtank til pl.lagune.	65	9.613	1.119	50	1.721	26	301	3.322	13.905
Tilført plantelagune i alt	1.060	16.950	2.261	11.408	15.354	354	828	8.272	40.142
Udløb dambrug 2. måleår	768	6.743	1.672	6.847	9.249	230	504	2.514	19.681
Udløb dambrug 1. måleår	394	2.612	909	1.600	2.770	160	230	1.099	8.159

Tabel 10 Beregnede samlede stofmængder i andet måleår ved forskellige målesteder på Abildrup Dambrug. I = stofmængder i indtagstvandet. P = produktionsbidrag fra fiskeproduktionen (foder). Der kan ikke beregnes produktionsbidrag for suspenderet stof, nitrat og orthofosfat. Det gennemsnitlige vandindtag har været 34 l/s. I sidste linie er indsat stoftabet fra Abildrup Dambrug 1. måleår. Foderforbruget er 108 % større i 2. måleår end i det første.

Som omtalt i kapitel 5.3 tabes der vand over dambruget ca. 28 % det andet måleår, mens det første måleår udgør ca. 42 %. Der vil følge en vis mængde opløste stoffer med nedsivningsvandet. Vandtabet sker i prak-

sis alene over plantelagunerne. Der er i kapitel 9 inkluderet beregninger, hvor der er lavet en teoretisk set "worst case" beregning for dette vandtab svarende til hvad der er beregnet i den faglige slutrapport (*Svendsen et al., 2008*).

Der er en vis usikkerhed på den vandmængde, der tilføres og afledes fra slamtanken. Det skyldes dels at der kun tilføres vand i visse perioder, således at beregningerne er afhængige af tidsangivelser for hvornår pumper fra slambrønde til slambassiner har kørt.

I tabel 10 angives de beregnede stofmængderne over de enkelte dele af Abildtrup Dambrug. I starten af andet måleår blev der opsat mikrosigter i de 2 produktionsenheder, hvilket betyder, at det er vanskeligt at sammenligne stoffjernelsen i slamkegler og biofiltre de to måleår, da det stof der fjernes med spulevandet fra mikrosigterne ikke også kan fjernes af de nedstrøms beliggende biofiltre og slamkegler. Endvidere var produktionsenhed 2 ikke i anvendelse første måleår.

I det første måleår var stofmængden i afløb fra slamtank (klaringsvandet) for suspenderet stof og organisk stof (BI_5 og COD) større end stofmængden, der tilføres plantelagunerne ved afløb fra produktionsenhederne. For ammonium var det af samme størrelsesorden (*Svendsen et al., 2007*). I det andet måleår er det kun mængden af suspenderet stof i klaringsvandet fra slamtank, der er større end bidraget fra produktionsenhederne (dvs. sum af produktionsenhed 1 + 2), nemlig 57 % af den samlede tilførsel til plantelagunerne, mens BI_5 , COD og orthofosfat kun udgør henholdsvis 40 %, 35 % og 7 % heraf. Opgørelsen viser, at noget af det stof der egentligt er tilbageholdt og overført til slamtanken, tilbageføres til plantelagunerne og evt. udledes.

Da driftsforholdene har været forskellige i de to måleår, herunder kun anvendelse af produktionsenhed 1 i første måleår, mindre ombygning af produktionsenhederne og ibrugtagning af mikrosigter i sommeren 2006 og samtidigt været skift af ejere og fiskemester giver det ikke umiddelbart mening at sammenligne driften af slamtank i de to måleår. Vandforbruget til skylning af kegler og biofiltre er opdelt i den vandmængde der direkte går til prøvetagningen og til yderligere skylning (angivet som ekstra skyllevand i tabel 10). 40 % af det opsamlede ammonium tilføres plantelagunerne fra slambassinerne.

Udledningerne af forskellige stoffer er i 2. måleår generelt mere end dobbelte så store som i 1. måleår, men foderforbruget har også været 108 % højere år 2. Dog er udledningen af ammonium kvælstof og opløst fosfor kun henholdsvis 84 og 44 % større end første måleår, mens udledningen af nitrat-nitrit kvælstof og total kvælstof er henholdsvis 328 og 234 % højere.

Spulevand fra mikrosigterne udgør i 2. måleår 64 % af det suspenderet stof og 55-59 % af det ammonium og total kvælstof, total fosfor samt organisk stof, der tilføres slamtanken.

9 Rensegrader og stoffjernelse

9.1 Beregning af rensegrader

I dette kapitel beregnes stoffjernelsen over hele dambruget og over del-elementerne i produktionsanlæg, plantelagune m.v. Rensegraden beregnes ud fra to beregningsmetoder. Rensegraden R_N for en given kemisk variabel er bestemt ud fra anvisningen i *Bekendtgørelsen for modeldambrug (2002)*, som

$$R_N (\%) = ((P - U_N) / P) * 100, \text{ hvor} \quad (1)$$

P = produktionsbidraget

U_N = dambrugets nettoudledning, dvs. målte udledning U_M minus I som er input fra indtagsvand (boringer).

Denne metode kan kaldes nettorensesegraden, som svarer til at stoftilbageholdelsen over hele dambruget S_N for en given kemisk variabel bestemmes i procent af produktionsbidraget P for det samme stof, dvs.

$$R_N (\%) = S_N / P * 100$$

Endvidere beregnes en bruttorensesegrad R_B hvor stoftilbageholdelsen over dambruget S_N for en given kemisk variabel bestemmes i procent af den samlede stoftilførsel dvs. ift. produktionsbidraget P plus stofbidraget fra indtagsvand (I), dvs.

$$R_B (\%) = (S_N / (I + P)) * 100 \quad (2)$$

Brug af ovenstående formler forudsætter at vandindtaget til dambruget udgør mindre end eller lig med 10 % af vandløbets medianminimumsvandføring, hvilket er opfyldt for Abildtrup Dambrug, der i de to måleår i gennemsnit har indtaget henholdsvis 2,4 % og 3,8 % af Vorgod Å's medianminimumsvandføring på 910 l/s på strækningen nedstrøms dambruget i de to måleår.

9.2 Rensegrader over hele dambruget

Nettorensesegrader

Målinger og beregninger for andet måleår (tabel 11) viser at nettorensesegraden (R_N) er 47 % for total kvælstof (N), 79 % for total fosfor (P) og 95 % for organisk stof udtrykt som BI_5 (tabel 15). Det er højere end forudsætningerne i jf. *Bekendtgørelsen for modeldambrug (2002)* for type III modeldambrug. Bekendtgørelsen forudsætter rensegrader på henholdsvis 15 %, 65 % og 80 % for de tre kemiske variable for et type III modeldambrug med mikrosigter. For total kvælstof skal der til de 15 % dog tillægges, at plantelagunerne forudsættes at fjerne 1 g N pr dag pr m^2 , dvs. 365 g pr. m^2 pr. år eller med de 4.890 m^2 plantelagune i Abildtrup Dambrug (jf. kapitel 11) 1785 kg total kvælstof pr. år. Omregnet svarer dette til at

nettorensgraden for kvælstof mindst skal være 26 % (år 2), hvilket til fulde er opfyldt. Resultaterne fra første måleår er genberegnet og indsat nederst i tabel 11. De viser, at selv om der blev opstillet af mikrosigter fra september 2006 (i starten af 2. måleår) er nettorensgraderne lavere i andet måleår for alle parametre på nær for ammonium kvælstof. Den største reduktion i netto rensgraden er for henholdsvis total kvælstof med 21 og total fosfor med 11 procentpoint. Tilsvarende ændringer er sket for bruttorensgraderne.

I de beregnede rensgrader indgår det stof, der er fjernet grundet nedsivning fra plantelagunerne. De beregnede rensgrader er derfor et maksimalt mål for permanent stoffjernelse som reelt kan være lavere, hvilket diskuteres i kapitel 12. Der tabes ca. samme vandmængde begge måleår (9 l/s) over plantelagunerne, men da vandtilførslen er væsentligt større år 2 til plantelagunen er det procentuelle tab andet måleår ca. 28 % mod 42 % det første måleår, hvilket kan medvirke til de reducerede rensgrader år 2, såfremt der sker et opløst stoftab med nedsivningsvandet. Sener i dette kapitel og i kapitel 12 drøftes problemstillingen vedrørende muligt tab af stof med nedsivningsvandet ved en "worst case" antagelse.

Man skal være opmærksom på, at for modeldambrugene under forsøgsordningen er der dispenseret ift. kvælstofudledninger således at det er den forventede rensgrad for fosfor, der initialt har bestemt den tilladte fodermængde. Anvendes formlen for beregning af maksimal fodertildeling for et modeldambrug, som den fremgår i *Bekendtgørelsen for modeldambrug (2002)* ville dambruget med de fundne rensgrader år 2 kunne øge foderforbruget ift. før ombygning (og uden mikrosigter) med en faktor 1,75 (plus 10 tons foder pr 1.000 m² plantelagune), hvis det var total kvælstof rensgraden som regulerede fodertilladelsen, mens det vil give en faktor 3,8 hhv. 16, hvis det var total fosfor henholdsvis BI₅ som regulerede det. Hvis netto-rensgraden fra første måleår kunne opnås vil det give en faktor 2,9 med kvælstof regulering og hhv. 8 og 20 ved total fosfor og BI₅ regulering. Abildtrup Dambrug har under den 2 årige forsøgsperiode fået fordoblet sin fodertilladelse til 410 tons foder. Det fremgår heraf, at netto-rensgraden for total kvælstof og total fosfor skal øges i forhold til resultaterne fra år 2 for at kunne opnå øget produktion.

Der er ikke udregnet rensgrader for suspenderet stof, da det ikke giver mening at beregne et produktionsbidrag for suspenderet stof. Udledningen af suspenderet stof er dog generelt meget lav.

Bruttorensgrader

Forskellen mellem netto- og bruttorensgraderne afspejler, hvor meget stofbidraget fra indtagsvandet udgør af det samlede stofbidrag. Der er generelt en relativ beskeden forskelle på de to rensgrader på 2 % point for total kvælstof og BI₅, og størst for COD hvor forskellen er 7 procentpoint, hvilket understreger at stofindtaget med indtagsvandet er af relativ beskeden betydning for den samlede stofbalance.

Stofudledninger pr. kg fisk

I tabel 11 findes også stofudledningen i g pr. kg produceret fisk beregnet både ift. den faktiske udledning fra dambruget (brutto) og ift. nettoudledningen fra dambruget det andet måleår (netto) og de tilsvarende værdier er ligeledes vist for første måleår. Nettostofudledningen er betydelig større det andet år for alle parametre på nær for ammonium-

kvælstof, der er ens for de to måleår. Stofudledningen er knap dobbelt så stor andet måleår for total fosfor og BI_5 , godt dobbelt så stor for total kvælstof og næsten 7 gange større for COD end i første måleår, når der ikke korrigeres for evt. stoftab med nedsivningsvandet. Medregnes stofindholdet i indtagsvandet som ved bruttoberegningen er stofudledningen pr. kg produceret fisk større for alle parametre det andet måleår i forhold til første.

	Vand 1000 m ³	NH ₄ -N kg	Total -N kg	Total -P kg	BI ₅ kg	COD kg
Indtagsvand (I)	1.078	447	531	103	589	8.634
Produktionsbidrag (P)		14.635	16.300	1.918	35.563	101.607
Samlet stof bidrag (I+P)	1.078	15.082	16.831	2.022	36.152	110.241
Målte udledninger fra dambrug (U_M)	768	1.672	9.249	504	2514	19.681
Netto udledning fra dambrug U_N (U_M-I)		1.225	8.718	400	1925	11.047
Nettorensgraden R_n (%) jf. formel 1		92	47	79	95	89
Bruttorensgraden R_s (%) jf. formel 2		89	45	75	93	82
Stofudledningen netto i g/ kg produceret fisk		3,9	28	1,3	6,1	35
Stofudledningen brutto i g/ kg produceret fisk		5,3	29	1,6	7,9	62
<u>Som ovenfor ved worst case (WC) scenario:</u>						
<i>WC-nettorensgraden R_n (%) jf. formel 1</i>		87	23	74	94	88
<i>WC-bruttorensgraden R_s (%) jf. formel 2</i>		85	23	70	93	81
<i>WC-stofudledningen netto i g/ kg produceret fisk</i>		5,8	39	1,6	6,3	38
<i>WC- stofudledningen brutto i g/ kg produceret fisk</i>		7,2	41	1,9	8,2	66
Reviderede resultater fra 1. måleår						
Nettorensgraden R_n (%) jf. formel 1	690	88	68	90	96	98
Bruttorensgraden R_s (%) jf. formel 2	394	84	63	84	93	84
Stofudledningen netto i g/ kg produceret fisk		4,0	13	0,8	3,4	5,6
Stofudledningen brutto i g/ kg produceret fisk		5,2	16	1,3	6,3	47
<u>Som ovenfor ved worst case scenario:</u>						
<i>WC-nettorensgraden R_n (%) jf. formel 1</i>		78	38	82	95	96
<i>WC-bruttorensgraden R_s (%) jf. formel 2</i>		75	35	77	92	82
<i>WC-stofudledningen netto i g/ kg produceret fisk</i>		7,0	24	1,4	4,0	11
<i>WC- stofudledningen brutto i g/ kg produceret fisk</i>		8,2	28	1,9	6,8	52

Tabel 11 Udledninger til Vorgod Å og rensgrader over Abildtrup Dambrug for andet måleår, ud fra henholdsvis samlede stofinput til dambruget (brutto) og ud fra produktionsbidraget (netto) og desuden stofudledningen opgivet som brutto og netto ift. mængde produceret fisk. Endvidere er med kursiv vist netto og brutto rensgrader, og netto- og bruttostofudledninger ved et worst case scenarium. Til sammenligning er indsat genberegnete værdier for første måleår. Se i øvrigt teksten.

Sammenlignes udledningerne år 2 fra Abildtrup Dambrug med de tilsvarende netto stofudledninger pr. gram produceret fisk for Døstrup Dambrug (Fjorback et al., 2003), som var:

- NH₄-N: 4-6 g pr. kg produceret fisk
- Total N: 5-11 g pr. kg produceret fisk
- Total P: 2 g pr. kg produceret fisk

- BI₅: 20-28 g pr. kg produceret fisk

er lidt lavere for ammonium kvælstof og betydeligt lavere for total fosfor og især BI₅ (faktor 4-5) men ca. 3 gange højere for kvælstof. I kapitel 12 vurderes på årsagerne til dette, men de store driftsproblemer og meget dødelighed i starten af 2. måleår har haft væsentlig indflydelse på disse resultater.

I tabel 11 er også vist rensegrader og stoftabet hvis der laves et fagligt ganske urealistisk worst case scenarie som reelt antager at vandtabet over plantelagunerne løber direkte i Vorgod Å med de opløste koncentrationer af de kemiske stoffer, der er i indløbet til plantelagunerne. Selve worst case scenariet er nærmere beskrevet i forbindelse med tabel 13. Worst case scenariet har specielt indflydelse på resultaterne for rensegraderne som er mindre og udledningerne pr. kg fisk af ammonium og total kvælstof som bliver større. Nettoudledningen af ammonium kvælstof pr. kg fisk ændres således fra 3,9 til 5,8 g (49 %) idet netto rensegraden falder fra 92 % til 87 %. Tilsvarende stiger udledningen af total kvælstof pr. kg fisk fra 28 til 39 g (39%) idet netto rensegraden falder fra 47 % til 23 %. For total fosfor og organisk stof giver worst case scenariet ikke væsentlige forskelle sammenlignet med målte resultater. Fagligt vurderet er de målte resultater tættere på hvad der faktisk udledes, da det meste stof i nedsivningsvandet aldrig når Vorgod Å eller havet.

9.3 Rensegrader over produktionsanlægget og over plantelaguner

I dette afsnit vises resultaterne for stoftilbageholdelse og rensegrader over produktionsanlægget (tabel 12) og over plantelagunerne (tabel 13). Stoffjernelsen i produktionsanlægget er et mål for, hvad der fysisk opsamles i slamkeglerne, biofiltrene og mikrosigter og som føres over i slamtank. Endvidere omfatter det den omsætning og evt. akkumulering af stof som giver anledning til et stoftab i produktionsenhederne samt omsætning i biofiltrene og evt. i slamkeglerne ud over den fysiske tilbageholdelse af stof heri. Stoffjernelsen i produktionsanlægget er fundet som forskellen mellem det stof, der tilføres produktionsanlægget via boringsvandet og med produktionsbidraget minus det stof, der er målt i udløb fra produktionsenhederne til plantelagunen.

For plantelagunerne beregnes stoftilbageholdelsen/-omsætningen som forskellen mellem det stof, der tilføres med afløbsvand fra produktionsanlægget og med klaringsvandet fra slamtank minus det stof som løber ud fra dambruget (dvs. afløb plantelaguner).

Rensegraderne er både i tabel 12 og 13 beregnet på to måder:

- stoffjernelse i procent af stoftilførslen til produktionsanlægget (tabel 12) og til plantelagunerne (tabel 13)
- stoffjernelse i procent af det samlede produktionsbidrag (tabel 12 og 13)

For plantelagunerne beregnes stoffjernelse endvidere i procent af den samlede stoftilførsel til dambruget (dvs. i procent af I + P fra tabel 11).

For produktionsanlægget er stoffjernelsen desuden blevet beregnet som angivet i de to dots ovenfor, men hvor der er kompenseret for at en større del af det stof, der overføres til slamtank via tømning af slamkegler, returskylning af biofiltre og spuling af mikrosigter, efterfølgende ledes til plantelagunerne med klaringsvandet fra slamtank (tabel 12). Dette stof er dermed reelt ikke fjernet/tilbageholdt i slamtank. Dette er et mål for netto stoffjernelse i/over slamfælder, biofiltre, mikrosigter og produktionsanlægget i øvrigt, mens stoffjernelsen udregnet uden der tages højde for afløb af stof med klaringsvandet, er et mål for brutto tilbageholdelse/omsætning i/over slamfælder, biofiltre, mikrosigter og produktionsanlæg i øvrigt (hvad der er tilbageholdt/omsat herunder brutto ført over i slamtank). Jo bedre man bliver til at reducere stofmængderne i klaringsvandet, des tættere vil netto og brutto tallene komme på hinanden og desto større reel rensning vil renseforanstaltningerne i produktionsanlægget kunne præstere. Samtidig vil plantelagunen skulle tilbageholde mindre stof og udledninger kan antages at blive reduceret. For andet måleår er tabel 12 udvidet i det der er beregnet netto og brutto rensegrader for de enkelte dele af dambruget som slamkegler, biofiltre og fra mikrosigter fra produktionsenhederne.

For plantelagunerne er stoftilbageholdelsen/omsætningen også udtrykt i gram per m² plantelagune pr. dag for at kunne sammenligne bl.a. med andre dambrug (tabel 13).

Rensegrader over produktionsanlægget

Ved sammenligning af resultaterne i tabel 12 og 13 skal man være opmærksom på, at stof, der fjernes i produktionsanlægget og ikke senere tilføres plantelagunerne via klaringsvandet fra slamtank, ikke også kan fjernes i plantelagunerne. Det betyder, at plantelagunerne sandsynligvis kan fjerne mere af nogle stoffer end de faktisk gør, hvis de blev belastet hårdere.

Umiddelbart fjernes store dele (mellem 74 og 93 %) af stofinputtet over de to produktionsproduktionsanlægget ift. ammoniak og organisk stof (BI₅ og COD). Andelen er yderligere lidt højere, hvis stoffjernelse beregnes ift. produktionsbidraget. For total fosfor er de tilsvarende værdier henholdsvis 61 og 65 %. Til gengæld er stoffjernelsen af total kvælstof noget lavere (25 % af det samlede input og 26 % af produktionsbidraget). Imidlertid bliver en del af det stof, der er ført over i slamtanken ved returskylning af biofiltre, tømning af slamkegler, med spulevand fra mikrosigterne samt fra renseforanstaltningerne i kummehus og sættefiskeanlæg, efterfølgende udledt til plantelagunerne med klaringsvandet herfra. Ses på den reelle nettofjernelse af stof for det samlede produktionsanlæg (dvs. inklusiv kummehus og sættefiskeanlæg) ift. produktionsbidraget er den 89 % for ammonium kvælstof, 78 % for BI₅, 70 % for COD, 58 % for total fosfor, men kun 12 % for total kvælstof. Sammenlignet med først måleår (hvor kun produktionsenhed 1 var i drift og der ikke var monteret mikrosigter) er disse nettorensgrader højere for organisk stof og ammonium (3-14 procent point) men lavere for total kvælstof og total fosfor (henholdsvis 5 og 14 procent point).

	Vand 1000m ³	Susp kg	NH ₄ -N kg	Total - N kg	Total - P kg	BI ₅ kg	COD kg
Indtagvand prod. enhed 1 (I1)	397	934	257	455	19	153	3.702
Indtagvand prod. enhed 2 (I2)	345	796	220	393	16	136	3.166
Indtagvand i i alt (prod. enhed 1 + 2) (I)	742	1730	477	848	34	289	6.868
Produktionsbidrag fra produktionsenheder (P)			13.430	14.957	1.649	33.413	95.463
Samlet stofinput (I + P)	7421	1.730	13.907	15.805	1.684	33.702	102.331
Udløb fra produktionsanlægget	678	5.075	970	11.918	440	4.172	21.148
Stoffjernelse over produktionsanlæg	64	-3.345	12.936	3.887	1.243	29.529	81.183
Stoffjernelse i % af samlet stof input	-	-	93 (86)	25 (28)	74 (75)	88 (82)	79 (74)
Stoffjernelse i % af produktionsbidraget	-	-	96 (90)	26 (30)	75 (80)	88 (85)	85 (87)
Stoffjernelse over slamkegler	8,5	16.527	65	760	489	10.910	27763
Stoffjernelsen over slamkegler i % af input		955 (233)	0 (1)	5 (5)	29 (19)	32 (44)	27 (28)
Stoffjernelsen over slamkegler i % af produktionsbidrag			0 (1)	5 (5)	30 (21)	33 (46)	29 (33)
Stoffjernelse via biofilterskyl	9,2	1.417	9	227	42	342	1.638
Stoffjernelsen via biofilterskyl i % af input		82 (91)	0 (0)	1 (3)	3 (5)	1 (8)	2 (8)
Stoffjernelsen via biofilterskyl i % af produktionsbidrag			0 (0)	2 (3)	3 (5)	1 (8)	2 (9)
Stoffjernelse m. spulevand fra mikrosigte	68	51.767	203	2351	1.128	22.779	64.339
Stoffjernelsen m. spulevand fra mikrosigte i % af input		2.991	1	15	67	68	63
Stoffjernelsen spulevand mikrosigte i % af prod.bidrag			2	16	68	68	67
Stoffjernelse (%) i prod. enheder i forhold til I+P	-111 (-49)		86 (71)	23 (23)	61 (63)	82 (69)	74 (62)
Stoffjernelse i prod. enheder i forhold til P			88 (74)	24 (25)	65 (67)	83 (71)	80 (73)
Yngelanlæg og sættefisk:							
Indtagvand til sættefisk anlæg	279	642	174	307	13	106	2.622
Indtagvand kummehus	60	143	40	74	3	27	548
Indtagvand (sættefisk + kummehus) (I _{ks})	340	785	214	381	16	133	3.169
Produktionsbidrag fra sættefisk +kummehus P _{ks}			1.205	1.342	269	2.150	6.144
Samlet stofinput til sættefisk +kummehus	340	785	1.419	1.723	285	2.283	9.314
Udløb fra sættefisk +kummehus	317	1.677	171	1.715	87	778	5.089
Stoffjernelse over sættefisk +kummehus	22	-892	1248	9	199	1.505	4.224
Stoffjernelse i % af input	-	-	88 (86)	0 (14)	70 (74)	66 (68)	45 (51)
Stoffjernelse i % af prod.bidraget til de to enheder	-	-	104 (92)	1 (17)	74 (76)	70 (73)	69 (70)
Stoffjernelse (%) i prod.enheder i forhold til I _{ks} +P _{ks}		0 (21)	8 (16)	0 (3)	10 (12)	4 (11)	4(10)
Stoffjernelse i prod.enheder i forhold til P _{ks}			9 (17)	0 (3)	10 (13)	4 (12)	4 (11)
Beregnet omsætning (inkl. akkum.) over prod.anlægget			13.990	2.272	-131	-2.219	-3.243
Slamtank:							
Stoftilførsel til slamtank	65	81288	369	4.237	1.953	39.672	108.788
Stoffjernelse med klaringsvand (slamvand)	65	9613	1.119	1.721	301	3322	13.905
Tilbageholdelse islamtank	-0,1	71675	-750	2.516	1.652	36.350	94.883
			-203				
Stoftilbageholdelsen i slamtank i % af tilførslen		88 (80)	(-515)	59 (12)	85 (81)	92 (73)	87 (70)
Stoftilbageholdelsen i % af samlet input (I+P)		2372 (512)	-5 (-7)	15 (1)	82 (29)	101 (48)	86 (35)
Stoftilbageholdelsen i % af samlet prod.bidrag (P)			-5 (-7)	15 (1)	86 (31)	102 (50)	93 (41)

Produktionsanlæg korr. tab med klaringsvand:

Stoffjernelse over hele produktionsanlægget justeret for tab slamvand klaringsvand	13.065	2175	1141	27712	71.502
Stoffjernelse hele produktionsanlægget i % af samlet input (I+P) justeret for tab med klaringsvand	85 (79)	12 (16)	58 (68)	77 (62)	64 (57)
Stoffjernelse prod.anlæg i % af P just. tab klaringsvand	89 (82)	13 (18)	59 (73)	78 (64)	70 (67)

Tabel 12 Stoffjernelse over hele produktionsanlægget for andet måleår ved Abildtrup Dambrug. Endvidere vises de tilhørende rensegrader for de kemiske variable. Rensning i sættefiskeanlæg og leveredam er medregnet. Tal i parentes er for første måleår (genberegnet). Se tekst for nærmere forklaring.

Generelt er nettostoftilbageholdelsen over slamtanken noget højere 2. måleår år trods en vandtilførsel der er ca. 30 % højere i 2. måleår. Tilbageholdelsen/omsætningen i slamtank i procent af tilførslen hertil er for total fosfor 4 procent point højere 2. måleår og tilsvarende er den henholdsvis 15, 17 og 47 (!) procentpoint højere for BI_5 , COD og total kvælstof. Tilførslen af ammonium kvælstof til slamtank er øget med en faktor 4, mens netto dannelsen over slamtanken grundet denitrifikation og dissimilatorisk nitrat reduktion er godt fordoblet.

Af tabel 12 fremgår, at sammenlignes stoffjernelsen i henholdsvis spulevand fra mikrosigter, slamvand fra slamkegler og returskyllevand fra biofiltre fjernes der typisk 2-3 mere stof med spulevandet for alle stoffer end med slamvand og returskyllevandet tilsammen. Dette uddybes i kapitel 9.5.

Herudover viser tabel 12, at der sker en omsætning af f.eks. ammonium kvælstof (nitrifikation) ikke mindst i biofiltrene. Over 91 % af ammonium kvælstof (knap 14.000 kg af et samlet stofinput til produktionsanlægget på godt 15.300 kg) omsættes således i produktionsanlægget andet måleår mod tilsvarende 86 % af ammonium-kvælstof første måleår. Denne opgørelse er forbundet med en vis usikkerhed, da den findes ved at trække en række tal fra hinanden, som hver har en vis usikkerhed, således at den samlede usikkerhed på massebalancerne akkumuleres i den beregnede størrelse for stofomsætningen. Det er en af forklaringerne på at der tilsyneladende beregnes en lille negativ akkumulering af fosfor og tilsvarende omsætning/akkumulering af organisk stof, hvor der snarere burde forventes en netto akkumulation/omsætning som målt første måleår. I første måleår var der dog ingen mikrosigter, der var decideret større aflejring af slam ved mikrosigterne som ikke længere findes efter en ombygning heraf.

Fjernelsen af ammonium i produktionsenheden er et udtryk for at dette omdannes til nitrat i biofiltrene. Dermed fjernes der ikke kvælstof, men der sker i stedet en tilførsel af nitrat til plantelagunerne. Nitraten kan optages i planter men især omsættes til frit kvælstof, da der på bunden af plantelagunerne er let omsætteligt organisk stof og iltfattige forhold. Noget nitrat kan også sive med vandet ud af bunden på plantelagunerne (se kapitel 12) og endeligt kan det udledes med udledningerne fra dambruget.

Stoffjernelse over plantelagunen

Vandtilførslen til plantelagunen (tabel 13) er andet måleår ca. 57 % større sammenlignet med i 1. måleår og det tilsvarende er tilfældet for alle kemiske stoffer: ammonium kvælstof 73 %, nitrit-nitrat kvælstof 204 %, total kvælstof 141 %, opløst fosfor 125 %, total fosfor 75 %, BI_5 35 % samt COD 68 %.

Klaringsvandet er en stor for nogle stoffer den største kilde for stofinput til plantelagunen år 2. Det udgør 57 % af tilførslen af suspenderet stof, 49 % af ammonium kvælstof, 11 % af total kvælstof, 36 % for total fosfor, 40 % for BI5 og 35 % af COD mens resten kommer fra udløbet fra de 2 produktionsenheder og fra sættefiskeanlæg samt kummehuset. For de øvrige kemiske stoffer er klaringsvandet kun en lille kilde, da det kun udgør <1 % nitrat-nitrit kvælstof og 7 % af opløst fosfor. De tilsvarende værdier for år 1 ligner dem fra år 2, men med tendens til at klaringsvandet har stået for næsten samme andel som år 2 for de fleste parametre: 40 % suspenderet stof, 38 af ammonium kvælstof, <1 % af nitrat-nitrit kvælstof, 11 % af total kvælstof, 9 % af opløst fosfor, 21 % af total fosfor, 46 % af BI5 og 32 % af COD.

Såfremt der ikke tages højde et muligt stoftab med nedsivningsvandet ud af bunden på plantelagunerne tilbageholdes/omsættes ca. 26 % af det tilførte ammonium kvælstof i plantelagunerne. Tilsvarende tilbageholdes mellem 35 til 40 % af det tilførte nitrat, total kvælstof og opløst som total fosfor. Samtidigt omsættes der meget let omsætteligt organisk stof (70 % af tilført BI5), mens tilbageholdelsen af det tilførte COD er lidt lavere, men dog 51 %. Generelt er tilbageholdelsen/omsætningen ca. 15 % procent point lavere end i 1. måleår, dog er ammonium kvælstof og opløst fosfor kun 4 % lavere. Ud over den væsentligt større vand- og stoftilførsel til plantelagunen 2. måleår er vandtabet over plantelagunen 42 % eller 14 procent point højere i 1. måleår.

	Vand 1000 m ³	Susp kg	NH ₄ -N kg	NO ₂₃ - N kg	Total-N kg	OrthoP kg	Total -P kg	BI ₅ kg	COD kg
Tilført plantelagune i alt	1.061	16.950	2.261	11.408	15.354	354	828	8.272	40.142
Udløb dambrug	768	6.743	1.672	6.847	9.249	230	504	2.514	19.681
Tilbageholdelse i plantelagune	292	10.207	589	4.561	6.105	124	324	5.758	20.461
Tilbageholdelse i plantelagune af input i hertil (%)	28 (41)	60 (75)	26 (30)	40 (57)	40 (56)	35 (39)	39 (51)	70 (82)	51 (66)
Tilbageholdelse i plantelagune af totale produktionsbidrag (%)			4,0		37,5		16,9	16,2	20,1
Tilbageholdelse i plantelagune af brutto input til dambruget (%)	27,1		3,9		36,3		16,0	15,9	18,6
Tilbageholdelse plantelagune i g pr. m ⁻² dag ⁻¹		5,7	0,33	2,6	3,4	0,07	0,18	3,2	11,5
<i>Worst case stoftab med nedsivningsvand (kg)</i>		467	623	3.145	3.768	97	97	91	1.107
<i>Tilbageholdelse i plantelagunen korr. (worst case) (kg)</i>		9.740	-35	1.416	2.337	26	227	5.667	19.354
<i>Tilbageholdelse i plantelagune af input i plantelagunen korr. (worst case) (%)</i>		58 (70)	-1,5 (-11)	12 (16)	15 (24)	7,5 (-1,8)	27 (29)	69 (80)	48 (62)
<i>Tilbageholdelse i plantelagune af produktionsbidrag korr. (worst case) (%)</i>		-	-0,2		14,3	-	11,8	15,9	19,0
<i>Tilbageholdelse i plantelagune af brutto input dambrug korr. (worst case) (%)</i>			-0,2		13,9	-	11,2	15,7	17,6
<i>Tilbageholdelse i g pr. m⁻² dag⁻¹ korr. (worst case)</i>		5,5	-0,0	0,79	1,3	0,01	0,13	3,2	10,8
<i>Tilbageholdelse i g pr. m⁻² dag⁻¹ korrigeret (worst case) 1. måleår</i>		4,1	-0,10	0,34	0,85	0,0	0,08	2,8	8,3
<i>Tilbageholdelse i g pr. m⁻² dag⁻¹ uden korrektion for vandtab 1. måleår</i>		4,3	0,22	1,2	2,0	0,06	0,14	2,8	8,8

Tabel 13 Beregnet stoftilbageholdelse /fjernelse over plantelagunerne det andet måleår på Abildtrup Dambrug, hvor der er vist resultater som de er målt og ved en worst case scenario korrektion for stoftab med nedsivningsvand ud af bunden på disse (vist med kursiv). Der er også vist de tilhørende rensegrader for de kemiske variable. Den samlede tilførsel til plantelaguner består af afløbsvand fra det samlede produktionsanlæg og klaringsvand fra slamtank. Tal i parentes er for første måleår (genberegnet). Se tekst for nærmere forklaring.

Ammonium og nitrat kvælstof, opløst fosfor og opløst organisk stof vil i et eller andet omfang kunne følge med det vand, der tabes over plantelagunerne primært ved nedsivning. Det er ikke muligt præcist at vurde-

re, hvor det vand (28 % af tilførslen) der mistes over plantelagunerne løber hen, men en del genindvindes uden tvivl som indtagvand til dambruget. Noget af det opløste stof, der følger med nedsivningsvandet vil også blive omsat i jorden under mættede forhold, f.eks. nitrat og BI_5 og en del af det opløste fosfor kan bindes til jordpartikler. Endeligt kan en andel nå grundvandet eller vandløbet længere nedstrøms. For at vise et absolut worst case scenarium som er fagligt ganske urealistisk og ikke vil forekomme i praksis er det beregnet, hvordan stoftilbageholdelsen over plantelagunen ud af Abildtrup Dambrug ville være, hvis det antages at hele vandtabet over plantelagunen løber direkte i Vorgod Å med de opløste koncentrationer, der er målt i indløbet til plantelagunen og uden der sker nogen form for stoftilbageholdelse/-omsætning på dette. For ammonium og nitratkvælstof og opløst fosfor anvendes de faktisk målte koncentrationer i indløb til plantelagunerne, for suspenderet stof, BI_5 og COD antages at henholdsvis 10 %, 4 % og 10 % af indløbskoncentrationen af disse stoffer at være på opløst form/tilhøre så små partikler, at det kan sive ned gennem porer i plantelagunernes bundsediment/jordbunden under disse. Umiddelbart vurderet er det de målte tilbageholdelses-/omsætningsprocenter som er de mest realistiske, hvor en del af ammoniak omsætningen sker med nedsivningsvandet, men stadig bør regnes som en reel fjernelse/omsætning heraf.

Sammenlignes de målte rensegrader i plantelagunerne beregnet i forhold til produktionsbidraget med de tilsvarende rensegrader i produktionsanlægget (efter der er taget højde for stoftabet med klaringsvandet) fjernes der i produktionsanlægget en langt større del af produktionsbidraget af ammonium (89 %), og total fosfor (59 %) end i plantelagunerne, hvor der kun fjernes henholdsvis 4 % og 17 %. Tilsvarende er nettorensegraden af produktionsbidraget større i produktionsanlæg for BI_5 og COD (henholdsvis 78 % og 70 %) sammenlignet med plantelagunerne (henholdsvis 16 % og 20 %). For total kvælstof fjernes mest i plantelagunen 38 % mod 10 % i produktionsanlægget. Sammenlignes stoffjernelsen i stedet med den aktuelle belastning fjerner produktionsanlægget en væsentlig højere andel af alle parametre på nær for total kvælstof sammenlignet med plantelagunerne. En af årsagerne hertil er at stof fjernet i produktionsanlægget ikke efterfølgende kan fjernes i plantelagunerne.

Den målte stoffjernelsen ift. overfladearealet i plantelagunerne er i andet måleår 3,4 g N pr. m^2 pr. døgn for total kvælstof, hvilket er mere end det tredobbelte af forudsætningen for modeldambrugene på 1,0 g pr. m^2 pr. døgn, som blev fastlagt efter der på Døstrup Dambrug var målt mellem 0,9 og 1,4 g N pr. m^2 pr. døgn (*Fjorback et al., 2003*). Selv ved worst case beregningen har kvælstoffjernelsen pr. arealenhed i plantelagunerne i 2. måleår været noget over forudsætningen (1,3 g N pr. m^2 pr. døgn). Den beskedne nettofjernelse af kvælstof andre steder i dambruget medfører dog, at den samlede fjernelse af kvælstof tilsyneladende ikke er helt tilstrækkelig over hele dambruget til overholdelse af udleder kravene kontrolleret efter Bekendtgørelsen for modeldambrug. For ammonium kvælstof, total fosfor og BI_5 er den målte stoffjernelsen pr. m^2 plantelagune henholdsvis en faktor 1,5; 3,5 og 1,5 gange højere end resultaterne fra Døstrup Dambrug, som var:

- 0,16 - 0,29 g $\text{NH}_4\text{-N}$ pr. m^2 plantelagune pr. døgn
- 0,03 - 0,07 g fosfor pr. m^2 plantelagune pr. døgn

- 1,8- 2,5 g BI₅ pr. m² plantelagune pr. døgn

På Døstrup Dambrug var der ikke et nettoudsivning af vand fra plantelagunerne.

Ved worst case scenariet beregnes ingen tilbageholdelse af ammonium kvælstof over plantelagunerne i 2. måleår, mens der selv ved worst case scenariet er en nettotilbageholdelse på næsten det samme som der er målt for total fosfor og for BI₅.

Sammenlignes stoffjernelserne pr m² plantelagune med første års målinger (genberegnet) og ved worst case scenariet er der trods noget større vandtab over plantelagunerne år 1 og trods at opholdstiden falder fra 50 år (år 1) til 32 timer (år 2) en større omsætning for alle parametre i 2. måleår på nær for ammonium kvælstof, hvor der i begge måleår ved worst case scenarie opnås godt som ingen omsætning heraf.

9.4 Sammenligning af stoftab over dambruget

I dette afsnit sættes summen af stoffjernelse/stoftab forskellige steder på dambruget til 100 % for direkte at kunne sammenligne stoffjernelsen over/stoftabet til:

- Produktionsanlæg, hvor der henholdsvis er taget højde for stoffjernelse med klaringsvandet (tabel 14) og ikke tages højde for det (figur 28). Der er i dette ikke lavet en opdeling af, hvor meget stof der er fjernet i henholdsvis slamkegler, biofiltre og mikrosigter (se afsnit 9.2)
- Plantelaguner
- Vandløbet, dvs. hvad der tilføres af stof til Vorgod Å ved udløb fra dambruget

I tabel 14 findes værdierne ved:

$$\text{Samlet nettostoffjernelse} = (PA_s - KV_s) + PL_s + VL_s, \text{ hvor} \quad (3)$$

PA_s = stoffjernelse over produktionsanlægget brutto, dvs. uden kompensation for stoftab fra slamtank med klaringsvandet

KV_s = stoftab med klaringsvandet fra slamtank

PL_s = stoffjernelse/stoftab over plantelagunerne

VL_s = stoftab fra dambruget til vandløbet som sker via udløbet fra dambruget

Nettostoffjernelsen/-tabet i ligning (3) svarer til den samlede stoftilførsel via produktionsbidraget og indtagsvandet.

Idet den samlede nettostoffjernelse sættes til 100 % beregnes de tre andre størrelser i ligning 3 som procent af den samlede nettostoffjernelse.

I figur 29 er ligning 3 ændret til:

$$\text{Samlet bruttostoffjernelse/-tab} = \text{PA}_s + \text{PL}_s + \text{VL}_s \quad (4)$$

og den samlede bruttostoffjernelse/-tab er sat til 100 %. En del af det stof der fjernes i produktionsanlægget ved overførsel til slambassinerne tabes igen med klaringsvandet, og denne andel er vist som en negativ fjernelse i figur 29.

Nettostoffjernelsen over produktionsanlægget (dvs. den faktiske stoffjernelse, når der er kompenseret for stoftab fra slamtank med klaringsvandet) er med 84 % for ammonium, 53 % for total fosfor og 76 % for BI_5 samt 63 % for COD af den samlede stoffjernelse over dambruget den vigtigste renseforanstaltning ift. disse stoffer 2. måleår (tabel 14). De tilsvarende værdier for total kvælstof er kun 12 %, hvor plantelagunerne med 35 % af den samlede netto-kvælstoffjernelse har væsentlig større betydning som renseforanstaltning. Trods renseforanstaltningerne udledes 53 % af den tilførte totale kvælstofmængde via produktionsbidrag og indtagsvandet til Vorgod Å (47 % fjernes i renseforanstaltningerne). For total fosfor fjerner renseforanstaltningerne på Abildtrup Dambrug tilsammen 71 %, dvs. stoftabet til Vorgod Å er på 29 %. For organisk stof er stoftabet til Vorgod Å endnu mindre: 7 % for BI_5 og 18 % for COD. Fjernelsen af ammonium over plantelagunerne i et eller andet omfang er påvirket af vandtab ved nedsivning fra plantelagunerne. Med dette vandtab kan også følge andre opløste stoffer som f. eks. opløst fosfor.

Samlet viser tabel 14, at der for især kvælstof men også for fosfor, fortsat er potentiale for øget stoffjernelse i dambruget/yderligere renseforanstaltninger, hvilket der også arbejdes på.

En større andel af nettostoffjernelsen/-tabet for ammonium kvælstof og organisk stof foregår 2. måleår i selve produktionsanlægget, og det procentuelle tab af ammonium kvælstof til Vorgod Å er faldet fra 18 % i 1. måleår til 12 % i andet trods det dobbelte foderforbrug 2. måleår. For total kvælstof og total fosfor forholder det sig omvendt med en reduceret andel af nettostoffjernelsen over produktionsanlægget og et noget større relativt (og hermed grundet større foderforbrug også absolut) tab af disse stoffer til Vorgod Å: for total kvælstof fra 38 % 1. måleår til 53 % i det andet og for fosfor fra 18 % til 29 %. Dette indikerer, at der sker en større omsætning i biofiltrene (ammonium og organisk stof). Der henvises i øvrigt til kapitel 12. Plantelagunernes procentuelle andel af nettostoffjernelse falder for alle kemiske stoffer på nær total fosfor i 2. måleår. For ammonium og organisk stof, hvor der fjernes mest i produktionsanlægget, gælder, at der er mindre for plantelagunerne af fjerne. For total kvælstof har det betydning at nedsivningen år 2 kun udgør 28 % af vandbalancen over plantelagunerne mod 42 % år 1, hvorfor der eventuelt er et mindre tab med nedsivningsvandet af ammonium og nitrat kvælstof. Som vist i tabel 13 har plantelagunerne år 2 både ud fra målte værdier og worst case scenariet tilbageholdt/omsat mere af alle stoffer (fraset ammonium) end i 1. måleår.

	NH ₄ -N		TN		TP		BI ₅		COD	
	(%)		(%)		(%)		(%)		(%)	
	År 1	År 2	År 1	År 2	År 1	År 2	År 1	År 2	År 1	År 2
Produktionsanlæg – klaringsvand (PA_s – KV_s)	73,7	83,9	13,7	12,4	63,7	53,2	56,9	76,0	50,4	62,7
Fjernelse i plantelagune (PL_s)	8,0	4,2	48,7	34,8	18,6	18,3	35,3	16,7	32,7	19,0
Til vandløb (VL_s)	18,3	11,9	37,6	52,8	17,7	28,5	7,7	7,3	16,9	18,3

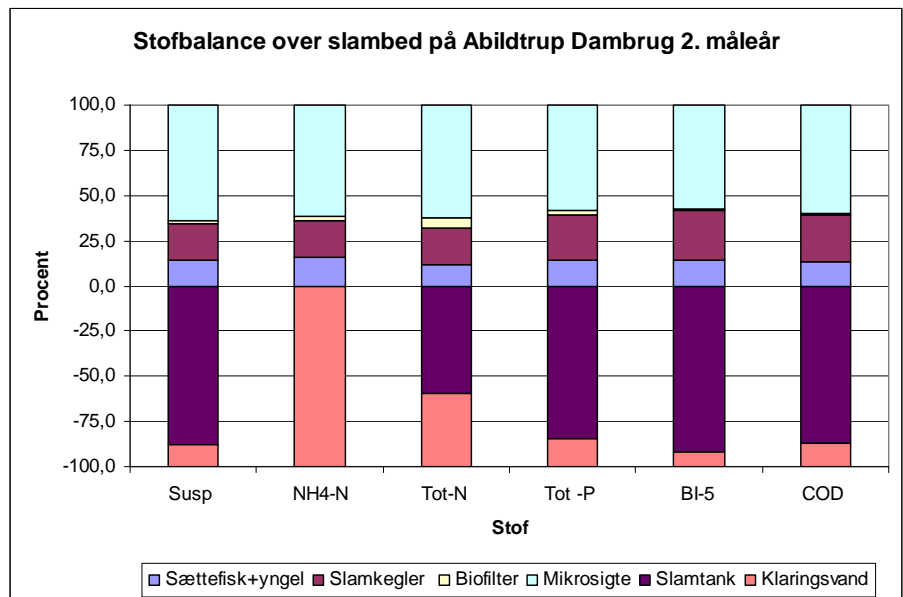
Tabel 14 Sammenligning af netto stoffjernelse/stoftab over produktionsanlægget (dvs. hvor der er kompenseret for stoftab med klaringsvandet til plantelagunerne), plantelagunen og stoftilførsel (stoftabet) til vandløb angivet for begge måleår for Abildtrup Dambrug. Tal fra tabel 12 og 13, tal for første måleår er genberegnet i forhold til *Svendsen et al. (2007)*. Summen af de tre nettostoffjernelser/stoftab er lig med stoftilførslen via produktionsbidrag og indtagvand.

På Abildtrup Dambrug foregik der efter flere, større driftsuheld medio 2006 efter et ejerskifte en ombygning på dambruget bl.a. omkring tilførselskanalerne til biofiltrene for at fjerne nogle zoner, hvor der aflejedes en del slam. Endvidere blev produktionsenhed 2 først taget i brug andet måleår og fra september 2006 blev der installeret mikrosigter i begge produktionsenheder. Disse ændringer medfører, at der må forventes at være forskelle på driftsparametre og den interne rensning på dambruget mellem de to måleår.

Stofbalance over slambassin

Stoftilførslen til slamtanken kommer fra spulevandet fra mikrosigterne, slamvand fra slamkegler og returskyllevandet fra biofiltre. Sættes dette til 100 % som i figur 28, fremgår det for alle stoffer, at hovedparten af stoffet (ca. 60 %) kommer fra mikrosigterne. Næstvigtigste kilde er slamvand fra slemkeglerne (20-25 % af tilførslen), mens stoftilførsel med returskyllevand fra biofiltrene er den mindste kilde med typisk kun et par procent heraf. Tilbageholdelsen/-omsætningen i slamtanken ift. tilførslen hertil er 85 til godt 90 % for suspenderet stof, total fosfor og organisk stof, men kun knap 60 % for total kvælstof grundet omsætning af nitrat til ammonium i slamtanken, dvs. der sker en netto produktion af ammonium (nettotilbageholdelsen er også 0) i slamtanken og dette afledes efterfølgende til plantelagunerne. Hvor kun 10-15 % af det tilførte suspenderede stof, total fosfor og organiske stof med klaringsvandet fra slamtanken føres til plantelagunerne, er det 40 % af total kvælstof.

Stoftilførslen til slamtanken er 4-5 gange større 2. måleår sammenlignet med det første grundet et dobbelt så stort foderforbrug, ibrugtagning af produktionsanlæg 2, introduktion af mikrosigter, ombygning m.v. Samtidig er nettotilbageholdelsen/-omsætningen større (bedre) i slamtanken 2. måleår.

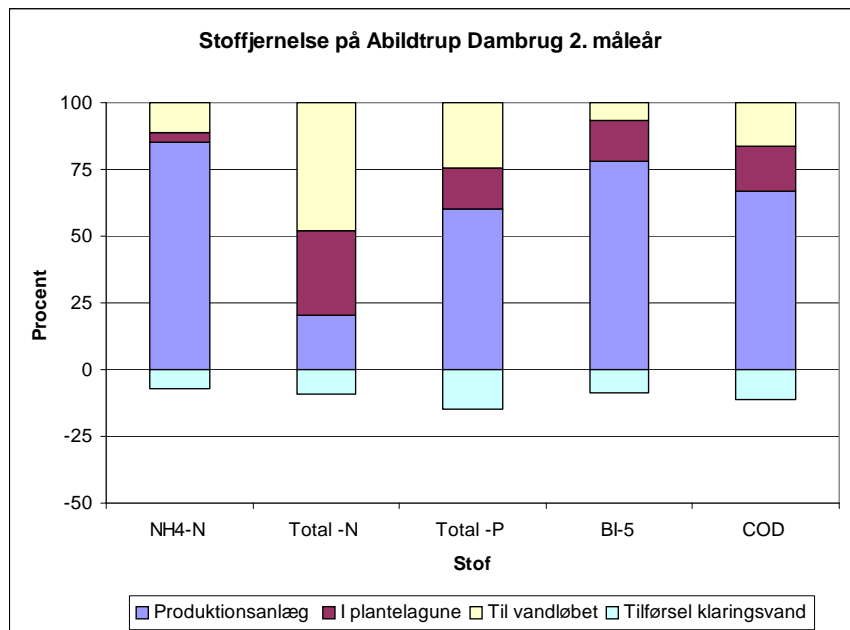


Figur 28 Kilder til stoftilførsel og stoffjernelse over slamtank på Abildtrup Dambrug i andet måleår. Stofinputtet kommer fra returskylning af biofiltere, tømning af slamkegler samt spulevand fra mikrosigterne. Stofindholdet i klaringsvandet er udtryk for den stofmængde, der tabes fra slamtank til plantelagune.

Vurderes betydningen af det procentuelle tab med klaringsvand ift. netstofferfjernelsen/-tabet over produktionsanlægget, plantelaguner og tab til vandløbet i 2. måleår (figur 29) er dette lavere end i 1. måleår for alle stoffer på nær for total kvælstof, hvor det er ens. Det er forholdsmæssigt størst for total fosfor hvor det er 15 %, og tabet med klaringsvandet svarer for total fosfor til den mængde, der fjernes over plantelagunen.

Figur 29 viser et vist potentiale for yderligere stoffjernelse i produktionsanlægget inklusiv slamtank for nogle stoffer, hvis tabet via klaringsvandet kunne reduceres, herunder hvis kvælstof- og fosfor-andelene på opløst form kan reduceres. Man skal dog være opmærksom på, at en del af stoftabet med klaringsvandet fjernes efterfølgende i plantelagunerne, dvs. den absolutte stoffjernelse i disse vil blive reduceret ved en lavere belastning. Endvidere indgår det organiske stof i denitrifikationen i plantelagunen, hvorved kvælstoffjernelsen forbedres.

Det er generelt ikke hensigtsmæssigt, at stof, som allerede er blevet fjernet i slamkegler, biofiltere og mikrosigter og ført over i slamtank, umiddelbart herefter mobiliseres og ledes tilbage til plantelagunerne selv om der for Abildtrup dambrug er tale om mindre mængder. En undtagelse kan dog gælde organisk stof, hvor dels fjernelsesraten i forvejen er meget høj og det tilbageførte som nævnt indgår i plantelagunens kvælstoffjernelse.



Figur 29 Stoffjernelse på Abildtrup Dambrug i det andet måleår. Summen af stof, fjernet i produktionsanlægget og over plantelagunerne samt tilført vandløbet er sat til 100 %. Stoffjernelsen i produktionsanlægget er vist som brutto tilført slamtank, men da der bliver tilbageført stof med klaringsvandet til plantelagunerne er dette bidrag vist som en negativ stoffjernelse, dvs. nettofjernelsen (%) er forskellen mellem den mørkeblå og den lyseblå søjle. Baseret på tabel 12 og 13.

10 Vandløbsfauna

Der er foretaget indsamling af smådyrsfaunaen samt lavet fysisk indeks fra to stationer i Vorgod Å (op- og nedstrøms for Abildtrup Dambrug) samt fra én station i Abild Å kort før udløbet i Vorgod Å opstrøms Abildtrup Dambrug med henblik på en biologisk vurdering af tilstanden. Indsamling og resultatbehandling er foretaget efter retningslinierne i *Miljøstyrelsen (1998)*. I tilknytning til den biologiske prøvetagning foretages en vurdering af vandløbets fysiske forhold, og der beregnes et fysisk indeks (*Pedersen et al. 2007*).

10.1 Fysiske forhold i Vorgod Å og Abild Å

Den opstrøms station, hvor indsamling blev foretaget i 2004, var beliggende lysåbent og omgivet af eng og kær med enkeltstående spredte pilebuske. Vandløbet er her ca. 5-6 meter bredt med en dybde på 0,8-1,0 meter. Vandløbsbunden var helt domineret af sand. Der er ingen udvikling af høller og stryg på strækningen. Langs vandløbet var der en veludviklet kantvegetation bestående primært af Sødgræs. Vandløbet var lettere okkerpåvirket. Det fysiske indeks var ikke færdigudviklet i efteråret 2004, men på baggrund af vandløbets ensartede fysiske karakteristika vurderes denne station at have haft et fysisk indeks på ca. 15, svarende til grænsen mellem ringe og moderat fysisk vandløbskvalitet.

Alle øvrige opstrømsprøver i Vorgod Å er indsamlet på en station ca. 400 meter opstrøms for dambrugets nuværende udledningspunkt. Vandløbet forløber her lysåbent omgivet af græsset og ugræsset eng. Stationen er beliggende i udgangen af et sving. Vandløbet er her 7-9 meter bredt med en middeldybde på 0,4-0,6 meter. Sand dominerer bundforholdene, men der er endvidere en del grus og også sten i yderkanten af svinget. I modsatte side af vandløbet er der emergent vegetation af Kogleaks. I sommerperioden dækker undervandsvegetationen, der bl.a. består af Vandranunkel, ca. 30 % af vandløbsbunden. Vandet kan om vinteren være noget grumset som følge af opslemmede okkerpartikler, men okkerpåvirkningen vurderes dog som svag. Det fysiske indeks på strækningen har i perioden ligget på 23-28, svarende til moderat fysisk vandløbskvalitet.

På opstrøms stationen beliggende i Abild Å er vandløbet ca. 4-5 meter bredt og løber her lysåbent gennem eng og overdrev. Der er et kraftigt fald på strækningen. Vandløbsbunden er meget varieret med betydelig forekomst af grus og sten på strækningen. Høller og stryg er veludviklede, og strækningen har en middeldybde på ca. 0,4-0,5 meter. Undervandsvegetationen har en dækning på op til 30-40 % af vandløbsbunden. Vandet er klart og der er ikke tegn på okkerpåvirkning. Det fysiske indeks har gennem perioden ligget på 37-41, svarende til grænsen mellem god og høj fysisk vandløbskvalitet.

Stationen nedstrøms for Abildtrup Dambrug er beliggende umiddelbart opstrøms for udløbet af Rimmerhus Bæk. Vorgod Å løber her under hovedvejen Herning-Ringkøbing. Vandløbet er ca. 7-9 meter bredt med en

middeldybde på 0,5-0,7 meter. Vandløbsbunden er domineret af sand, men der forekommer en del grus og sten på strækningen. Undervandsvegetationen, der bl.a. består af Vandranunkel og Svømmende Vandaks, har typisk en dækning på ca. 50 %, men dækningen kan periodisk være højere. Ved vinterafstrømninger er vandet typisk noget grumset, som følge af opslemmede okkerpartikler. Okkerbelastningen må dog betegnes som svag. Det fysiske indeks har gennem perioden ligget på 19-25, svarende til moderat fysisk vandløbskvalitet.

10.2 Smådyrsfauna

Der er i alt registreret 90 forskellige taxa fra de tre stationer i Vorgod Å samt Abild Å på prøver udført af DMU i perioden december 2004 til september 2007. De artsrigeste grupper har været vårfluer, slørvinger og døgnfluer med henholdsvis 22, 11 og 10 arter. Dansemyg er dog ikke artsbestemt. Denne gruppe indeholder utvivlsomt et højere antal af arter end nogen af de forannævnte grupper.

Samlet set er smådyrsfaunaen på de tre stationer domineret af tolerante former som alle er vidt udbredte i jyske vandløb. De hyppigste taxa var ferskvandstangloppen *Gammarus pulex*, kvægmyg (Simuliidae), børstetorm (Oligochaeta) samt døgnfluerne *Caenis rivulorum* og *Baetis* spp. Disse fem taxa udgør tilsammen 59-73 % af det samlede individantal hen gennem perioden på de undersøgte stationer.

Der er i prøverne fundet et stort antal af rentvandskrævende arter af døgnfluer, slørvinger, biller og vårfluer. Blandt disse kan nævnes døgnfluerne *Kageronia fuscogrisea*, *Heptagenia sulphurea*, *Leptophlebia marginata* og *Paraleptophlebia* sp., slørvingerne *Protonemura meyeri*, *Leuctra hippopus*, *Isoperla difformis*, *Isoperla grammatica*, *Perlodes microcephalus* og *Isoptena serricornis*, billen *Limnius volckmari* samt vårfluerne *Brachycentrus maculatus*, *B. subnubilis*, *Lepidostoma hirtum*, *Adicella reducta*, *Sericostoma personatum* og *Notidobia ciliaris*. Registreringen af *Isoptena serricornis* i september 2007 er den første nogensinde i Vorgod Å.

Alt i alt må smådyrsfaunaen i Vorgod Å og Abild Å karakteriseres som artsrig og divers med forekomst af en lang række rentvandskrævende former. Tilstanden udtrykt som Dansk Vandløbsfaunaindeks (DVFI) (*Miljøstyrelsen 1998 og Skriver et al., 1999*) har hen gennem perioden december 2004 til september 2007 været DVFI 4 og DVFI 7 på opstrømsstationerne i Vorgod Å (tabel 15). Stationen med DVFI 4 har meget ensartede fysiske forhold uden grus og stenbund, og er endvidere let okkerpåvirket. Som følge heraf mangler en lang række af de dyr, der kan trække DVFI værdien højere op. Lokaliteten er dog uforurennet. Abild Å, der er fysisk meget varieret og helt uforurennet har ved alle prøvetagninger foretaget af både DMU og Ringkøbing Amt opnået DVFI værdien 7. Den nedstrøms station i Vorgod Å har i 6 ud af 8 tilfælde haft en DVFI værdi på 7, mens stationen i de sidste to tilfælde havde værdien 6. Samlet set må tilstanden i Vorgod Å både op- og nedstrøms for Abildtrup Dambrug samt i Abild Å karakteriseres som særdeles god og med målsætningen opfyldt.

	DMU/amt/kommune	Vorgod Å, o.s.	Abild Å, o.s.	Vorgod Å, n.s.
December 2004	DMU	4 **	7	7
Marts 2005	Ringkøbing Amt	7	7	7
Oktober 2005	DMU	7	7	7
Marts 2006	Ringkøbing Amt	7	7	6
April 2006	DMU	7	7	7
December 2006	DMU	7	7	7
Maj 2007	Ringkøbing-Skjern kommune	7	7	6
September 2007	DMU	7	7	7

Tabel 15 Biologisk tilstand i Vorgod Å op- og nedstrøms Abildtrup Dambrug samt i Abild Å opstrøms for Abildtrup Dambrug udtrykt ved Dansk Vandløbsfaunaindeks. Målinger er foretaget af henholdsvis Ringkøbing Amt, DMU og Ringkøbing-Skjern kommune. To stjerner indikerer at prøven på dette tidspunkt blev indsamlet på en lokalitet væsentligt længere opstrøms i Vorgod Å.

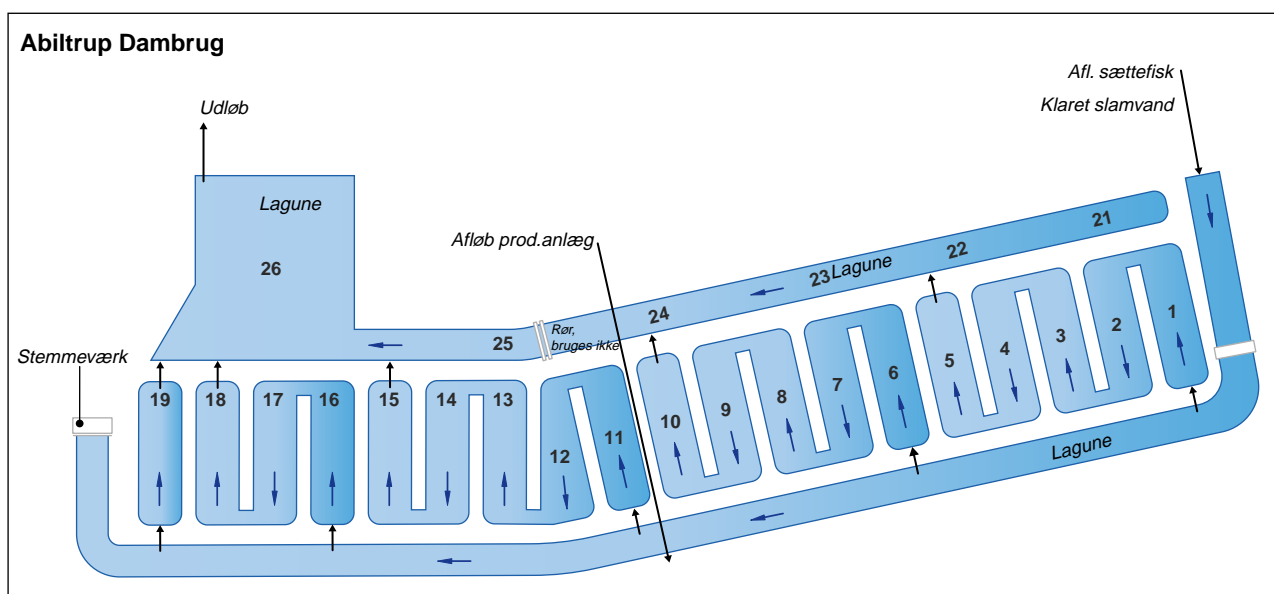
Det kan bemærkes, at der ved prøvetagning af smådyrsfaunaen på alle tre stationer i de fleste tilfælde er fundet Finnestribet Ferskvandsulk. Arten forekommer naturligt i Skjern Å systemet, men har på europæisk plan en meget begrænset udbredelse i området syd og øst for Danmark.

11 Planter i grødefyldte bassiner

På baggrund af opmålinger af de grødefyldte bassiner som udgør plantelagunen (en del af de tidligere produktionsdamme og føde-/bagkanaler) kan plantelagunen karakteriseres som angivet i tabel 16. I figur 30 vises en principskitse af plantelagunerne.

Abildtrup Dambrug	
Antal grødefyldte bassiner/kanaler	20 bassiner + 178 m kanaler
Samlet areal	4.892 m ²
Middeldybde	0,79 m
Samlet volumen	3.856 m ³
Gennemstrømning	Måleår 1: 21,5 l/s Måleår 2: 33,8 l/s
Beregnet opholdstid (middel)	Måleår 1: 50 timer Måleår 2: 32 timer

Tabel 16 Antal bassiner/kanaler, samt areal, middeldybde og volumen af grødefyldte bassiner som plantelagunen består af på Abildtrup Dambrug. På baggrund af den målte gennemstrømning er den gennemsnitlige opholdstid beregnet.



Figur 30 Principskitse af plantelagunen på Abildtrup Dambrug. Se også figur 1 i kapitel 2.

Med henblik på registrering af plantedækning og forekomst af de enkelte arter blev der i 26 bassiner og kanalafsnit foretaget registrering af vegetationens samlede dækning, samt dækning af forekommende plantearter på en 6 trins skala (0-5, 5-10, 10-25, 25-50, 50-75, 75-100 % dækning). Ved maksimal udvikling af vegetationen i september 2006 og 2007 er der udtaget prøver fra de dominerende plantearter til bestemmelse af tørvægt pr. m². Efterfølgende er de udtagne planter blevet analyseret for indhold

af kvælstof og fosfor, således at planternes samlede indhold af kvælstof og fosfor gennem året kan beregnes. En oversigt med indholdet af kvælstof og fosfor pr. gram tørvægt af de enkelte plantearter er vist i tabel 17.

Art	Kvælstof (g N pr. kg tørvægt)	Fosfor (g P pr. kg tørvægt)
Sødgræs (n = 26)	33,4	4,2
Liden Andemad (n = 28)	49,6	8,7
Vandstjerne (n = 2)	53,9	28,6
Trådalger (n = 5)	41,1	8,5

Tabel 17 Indhold af kvælstof og fosfor i de fire dominerende plantearter i de grødefyldte bassiner i Abildtrup Dambrug. Indholdet af N og P er målt i prøver ved maksimal plantedækning (september 2006 og 2007). Antallet af prøver for hver plantearter er angivet (n). Sødgræs i de grødefyldte bassiner består 75 % af Manna Sødgræs og 25 % af Høj Sødgræs.

I alt 23 arter af planter blev registreret i de grødefyldte bassiner i perioden september 2005 til september 2007. Gennem hele perioden har dækningen af vandplanter været høj. Sødgræs har i hele perioden været den dominerende art, og har ikke på noget tidspunkt haft under 46 % dækning (tabel 18, figur 31). De højeste værdier for dækningen blev registreret i september 2006 og 2007 med henholdsvis 67 % og 73 %. Liden Andemad havde lavest dækning i foråret og udgjorde her ved minimum 3-11 %.

Art	Dækning (%)		Tørvægt (g m ⁻²)	
	marts-maj	sept.-nov.	april-maj	sept.-nov.
Sødgræs	50-59	46-73	669-790	616-978
Liden Andemad	3-22	15-33	3-20	14-30
Vandstjerne (n = 2)	0-5	0-4	0-8	0-7
Trådalger	0-23	0-6	0-19	0-5

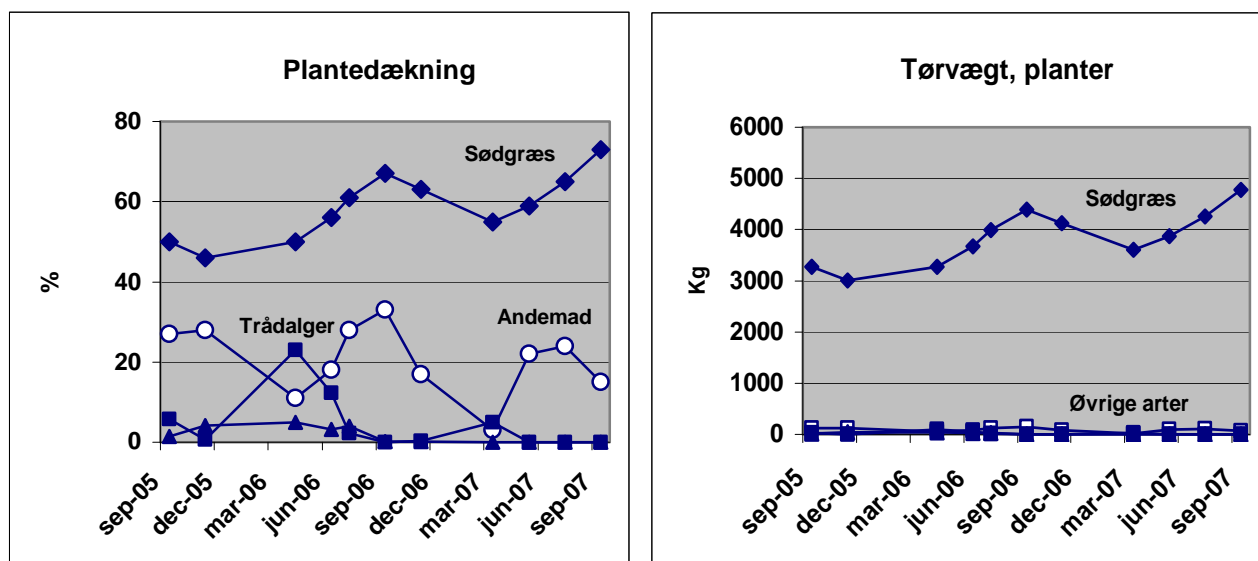
Tabel 18 Plantedækning og tørvægt af de 4 hyppigst forekommende planter i de grødefyldte bassiner i Abildtrup Dambrug i perioden september 2005 til september 2007.

Hen gennem sommeren og efteråret øgedes dækningen, som her havde maksimalværdier på 24-33 %. Vandstjerne havde fra september 2005 til juli 2006 en stabil forekomst med værdier på 1,5-5 % dækning. Denne var herefter lav gennem resten af perioden frem til september 2007 med værdier under 0,1 %. Trådalger havde kortvarigt et maksimum i forårsmånederne, hvor de i 2006 og 2007 henholdsvis nåede op på 23 % og 5 % dækning. Om efteråret ved maksimal dækning af Sødgræs havde trådalger en meget lav dækning på kun 0-0,3 %.

På tørvægt basis var kun Sødgræs betydende og udgjorde gennem hele perioden 95-99 % af biomassen blandt de 4 dominerende plantearter (figur 31). Tørvægten af Sødgræs var i hele perioden september 2005 til september 2007 stabil med værdier på 616-978 gram pr. m².

I de grødefyldte bassiner under ét havde Sødgræs gennem hele perioden en samlet tørvægt på 3.013 kg til 4.782 kg (tabel 19). Ingen af de øvrige arter havde på noget tidspunkt en samlet tørvægt over 147 kg. For de fire

dominerende plantearter varierede den samlede tørvægt mellem 3.175-4.850 kg.



Figur 31 Planternes forekomst i de grødefyldte bassiner udtrykt som plantedækning i % (venstre figur) og som kg tørvægt i hele systemet (højre figur) i de to måleår. Kun Sødgræs har kvantitativ betydning gennem perioden når sammenstillingen foretages på basis af tørvægten.

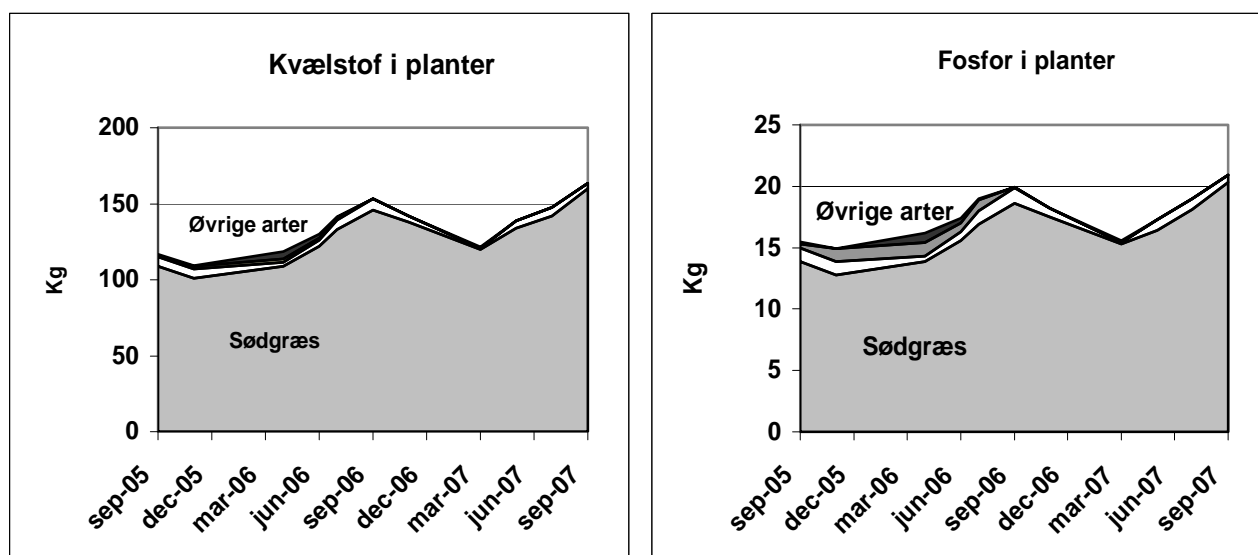
Indholdet af kvælstof og fosfor i de fire dominerende plantearter i de grødefyldte bassiner er illustreret i tabel 19 og figur 32. Indholdet af kvælstof i Sødgræs udgjorde 93-98 % af den samlede kvælstofmængde i de fire dominerende planter. For plantelagunerne som helhed var indholdet af kvælstof i de dominerende plantearter kun 109-163 kg, svarende til 22-33 gram kvælstof pr. m².

	Tørvægt		Kvælstof		Fosfor	
	Min.	Maks.	Min.	Maks.	Min.	Maks.
Hele anlægget (kg)	3.175	4.850	109	163	15	21
Gram pr. m ²	649	991	22	33	3	4,2

Tabel 19 De minimale og maksimale værdier af planternes tørvægt samt indhold af kvælstof og fosfor for plantelagunen i Abildtrup Dambrug i perioden september 2005 til september 2007. Den minimale og maksimale tørvægt af de fire dominerende plantearter samt planternes indhold af kvælstof og fosfor er endvidere angivet pr. m² for bassinerne som helhed.

For fosfor var 86-98 % af den samlede fosformængde i de dominerende plantearter bundet i Sødgræs. I de grødefyldte bassiner samlet varierede fosformængden mellem 15 og 21 kg i de dominerende plantearter, svarende til 3-4,2 gram pr. m² (tabel 19).

Set i relation til dambrugets samlede stofbalance, med et årligt input på 16.831 kg N og 2.022 kg P er de plantebundne mængder således uden kvantitativ betydning (<1%).



Figur 32 Kvælstof og fosfor bundet i plantebiomassen i de fire dominerende plantearter i de grødefyldte bassiner i Abildtrup Dambrug i de to måleår.

12 Diskussion

Indledning

I dette kapitel er der en diskussion om nogle væsentlige problemstillinger omkring måleresultaterne for det andet måleår ved Abildtrup Dambrug, som supplerer de enkelte kapitler i statusrapporten. Endvidere foretages der sammenligninger med hovedresultater fra første måleår, således at de overordnede resultater for hele den toårige forsøgsperiode ved dambruget vurderes og diskuteres. Hvor det er fagligt muligt drages konklusioner ift. resultaterne for Abildtrup Dambrug. Det er ikke hensigten i statusrapporten at gå i dybden omkring en række resultater, dette er foretaget i den faglige samlerapport for de otte modeldambrug (Svendsen et al. 2008). Sammenligning med resultater fra de andre modeldambrug under forsøgsordningen sker også kun i den faglige samle-rapport, som indeholder tværgående analyser og overordnede generelle konklusioner og faglige anbefalinger for hele måle- og dokumentationsprojektet.

Første måleår på Abildtrup Dambrug (år 1) omfatter 25. august 2005 til 24. august 2006 og andet måleår (år 2) 25. august 2006 til 24. august 2007. I forhold til første måleår er der sket en genberegning af produktionsbidraget, som igen betyder at de beregnede rensegrader, der er relateret til produktionsbidraget, er blevet justeret ift. første års statusrapport (Svendsen et al., 2007).

Generelle driftsforhold

Abildtrup Dambrug startede første måleår med en meget lav fiskebestand for selv at opbygge en bestand af fisk i sættefiskeanlæg og kummehus. Derfor er der i første måleår kun anvendt den ene af de to produktionsenheder på dambruget. Et alvorligt driftsuheld i juli 2006 (mod slutningen af første måleår) medførte af hele fiskebestanden i produktionsenheden døde. I forbindelse med et efterfølgende ejerskifte blev der foretaget nogle indretningsmæssige justeringer af de to produktionsenheder omkring biofiltret og installeret mikrosigte opstrøms begge biofiltre. Samtidig var der ikke nogen fisk i de to produktionsenheder fra medio juli 2006 til slutningen af september 2006, hvorefter begge produktionsenheder blev taget i brug. I andet måleår var der i begyndelsen ret høj fiskedødelighed indtil driftsrutiner var indkørt. Såvel foderforbrug, produktion som vandindtag er væsentligt højere i andet måleår, hvilket skal tages i betragtning ved fortolkning og sammenligning af resultater for de to måleår.

Vandforbrug, -flow og opholdstid

Der er i gennemsnit indtaget hhv. 21,9 l/s (år 1) og 34,3 l/s (år 2) eller henholdsvis 36 % og 56 % af det tilladte vandindtag til Abildtrup Dambrug. Vandhastigheden internt i de to produktionsenheder varierer en del over måleperioden, men er typisk 8-10 cm/s. Det interne flow (recirkulationsflowet) i produktionsenheder er i gennemsnit 410 l/s år 1 (produktionsenhed 1) og lidt højere år 2 med henholdsvis 488 l/s i produkti-

onsenhed 1 og 441 l/s i produktionsenhed 2. Det svarer til en samlet recirkulationsgrad for de to produktionsenheder på 96,9 % år 1 og 97,5 % år 2, hvor der for modeldambrug type III er forudsat 95 %. Vandforbruget er med hhv. knap 4.000 l og 3.200 l vand pr. kg produceret fisk i de to måleår reduceret med en faktor 12-15 sammenlignet med gennemsnittet for traditionelle gennemstrømningsanlæg. Sammenlignet med tidligere tilladt vandindtag til dambruget er reduktionen en faktor 23 i år 1 og 15 i år 2.

I 1. måleår tilføres plantelagunerne på Abildtrup Dambrug i gennemsnit 21,5 l/s mens der fra plantelagunen til vandløbet måles 12,5 l/s, dvs. et nettovandtab over plantelagunerne på ca. 42 % af vandtilførslen hertil. I andet måleår tilføres 33,8 l/s til plantelagunen og der måles i udløbet til vandløb 24,4 l/s, dvs. et tab der i l/s er næsten som år 1, men procentuelt kun er på 28 % af vandtilførslen. Der måles ikke noget vandtab over produktionsanlægget. Det forekommer sandsynligt, at der i begge måleår sker et vist vandtab ved udsivning gennem plantelagunernes bund, idet sedimentet i ådalen er præget af sand og grus. Der er endvidere konstateret mindre utætheder ved et ældre bygværk og en fisketrappe, hvor der ved høje vandstande i plantelagunerne kan forekomme et beskedent overløb, men omfanget er beskedent. Det vurderes således, at vandtabet hovedsageligt skyldes udsivning gennem plantelagunernes bund.

Mod 2. måleårs slutning mindskes det absolutte vandtab over plantelagunen. Det kan forventes, at der sker en vis reduktion i infiltrationskapaciteten, efterhånden som der ophobes fine partikler i den øvre del af sand- og grusaflejringerne under plantelagunerne, således at denne med tiden får et reduceret stoftab ud af bund og sider. Det relativt lavere vandtab 2. måleår kan også relateres til, at der i år 2 faldt knap 50 % mere nedbør sammenlignet med år 1, hvilket også har påvirket grundvandsstanden i ådalen især i vinterperioden år 2, hvor der blev registreret 2-3 gange mere nedbør end normalen for området.

Med det nedsivende vand kan der følge opløste næringsstoffer (nitrat, ammonium, opløst fosfor, opløst organisk stof) og meget små partikler. Stofferne i det nedsivende vand kan omsættes eller bindes i jorden, noget kan nå grundvandet, noget kan genindvindes via dræn og borer og noget kan evt. nå frem til Vorgod Å. Ved beregninger af stofomsætning-/stoftilbageholdelse i plantelagunerne vil denne blive overestimeret i en eller anden grad hvad angår de opløste stoffer, hvis der har været stoftab sammen med det omtalte vandtab, hvorfor der for nogle beregninger er søgt taget højde for vandtabet for at give et absolut "worst case" scenarie estimat. Da vandtabet har en vis størrelse på Abildtrup Dambrug har den for visse stoffer nogen betydning sammenlignet med de udledte mængder i afløbet fra dambruget, men det skal understreges, at det ikke forventes, at større andele af de nedsivende stofmængder når Vorgod Å eller fjernrecipienten jf. overfor, således at de målte rensegrader over plantelagunerne anses for at være et langt bedre mål for stoffjernelse end worst case scenariet. I den faglige samlerapport (*Svendsen et al., 2008*) er der på tværs af dambrugene givet en vurdering af den potentielle betydning af stoftab med nedsivningsvandet for de beregnede rensegrader.

Opholdstiden i produktionsanlægget inkl. slambassiner har i gennemsnit været ca. 40 timer (år 1, hvor kun en produktionsenhed er i anvendelse)

og ca. 43 timer (år 2). *Bekendtgørelsen for modeldambrug (2002)* forudsætter en opholdstid på mindst 18,5 timer i produktionsanlægget. Den samlede opholdstid over dambruget har været hhv. 90 (år 1) og 75 timer (år 2), dvs. knap 3-4 døgn, hvorfor man umiddelbart kan forvente, at en ganske stor del af det let-omsættelige organiske stof (BI₅) bliver omsat på dambruget (*Fjorback et al., 2003*).

Plantelaguner

Den hydrauliske belastning af plantelagunerne på henholdsvis 0,004 (år 1) og 0,007 (år 2) l pr. sekund pr. m² er ca. en femtedel henholdsvis en tredjedel af den maksimalt tilladte belastning (*Bekendtgørelse om modeldambrug, 2002*). Der vurderes således ikke at være noget problem ift. til de omsætningsprocesser, der sker i plantelagunerne og det vil kunne øge sedimentation af partikler. Opholdstiden i plantelagunen er i gennemsnit 50 timer første måleår, men lavere i andet måleår - i gennemsnit 32 timer - grundet højere hydraulisk belastning. Opholdstiden er dog stadig høj sammenlignet med de fleste af de øvrige syv modeldambrug under forsøgsordningen (*Svendsen et al, 2008*).

Plantelagunerne består af 20 tidligere plantefyldte jorddamme og 178 m kanaler (gamle for- og bagkanaler samt bundfældningsbassin). De er forbundne som et mæandrerende vandløb, hvor vand fra sættefiskeanlæg og klaret slamvand tilføres helt opstrøms og afløb fra produktionsenhederne lidt længere nedstrøms, men således at det tilførte vand skal passere igennem stor set alle jorddamme og kanaler før afløb til Vorgod Å.

Fra begyndelsen af måleperioden var der en del plantevækst i plantelagunen og der har ikke på noget tidspunkt været målt under 50 % samlet dækningsgrad. Der har overordnet været målt en svagt stigende dækningsgrad gennem de to måleår, dog med lavere værdi i vinterperioden og de højeste i sensommeren og det tidlige efterår. Trods registrering af 23 arter er Sødgræs langt den dominerende plante, med en mindste dækning på 46 % om vinteren og maksimalværdier om sommeren på henholdsvis 67 % (sommeren 2006) og 73 % (sommeren 2007). Arten dominerer også tørvægtsmæssigt med mindst 95 % af den samlede tørvægt af planterne gennem måleperioden. De milde vintre betyder, at en stor del Sødgræs overlever vinterperioden. Tørvægten af Sødgræs ligger igennem måleperioden på 616-978 g pr. m². Liden Andemad er den næst hyppigst forekomne plante, men når maksimal 30 g pr. m². Der er kortvarigt nogle få uger i foråret med en vis forekomst af trådalger (maksimal dækningsgrad på 23 % år 1) men de skygges hurtigt væk af de andre planter. Den samlede plantemasse i plantelagunerne er på 3.175 - 4.850 kg.

Baseret på indholdet af kvælstof og fosfor i de mest udbredte plantearter (Sødgræs, Liden Andemad, Vandstjerne og trådalger) er det beregnet, at på det tidspunkt hvor biomassen er størst i plantelagunen (september 2007), har planterne akkumuleret knap 163 kg kvælstof (ca. 33 g N pr. m²) og knap 21 kg fosfor (4,2 g P pr. m²). Senere i dette kapitel sammenholdes disse tal med den samlede fjernelse/tilbageholdelse af kvælstof og fosfor i plantelagunerne for at kvantificere planternes betydning for selve massebalancen, men betydningen er ret marginal for den samlede stoffjernelse på Abildtrup Dambrug. Det skal dog erindres, at planterne skaber muligheder for de mikroorganismer, der omsætter bl.a. nitrat, li-

gesom planterne er med til at tilbageholde partikler og stabilisere aflejret materiale i bunden af plantelagunen.

Iltmålinger opstrøms, midt i plantelagunen samt nedstrøms i denne viser, at iltmængden er lav allerede i den midterste del af plantelagunen. Der er således områder med ilt og større dele med kun lidt ilt/iltfri forhold i plantelagunen. Dette er en fordel for omsætningsprocesserne, da der dels er ilt til omsætning af ammonium og organisk stof dels er iltfrie områder, hvor der kan foregå denitrifikation. Der er ikke undersøgt flowforhold i plantelagunen, men med den udbredte plantevækst i stort set alle gamle jorddamme og i kanalerne, må det antages at en stor del af vandvoluminet anvendes i omsætnings- og sedimentationsprocesserne.

Foder og produktionsbidrag

I det første måleår har Abildtrup Dambrug med anvendelse af 164,6 tons foder en produktion på 175,4 tons fisk (inkl. døde) i det samlede produktionsanlæg og opnået en foderkvotient på 0,94. Heraf er 24,2 tons foder anvendt i sættefiskeanlæg og kummehus. I det andet måleår er anvendt 342,0 tons foder og produceret 317,5 tons fisk, heraf de 24,6 tons foder i sættefiskeanlæg og kummehus med en produktion på 29,0 tons. Der er ikke registreret fiskemængder ind og ud af de enkelte opdrætsenheder, hvorfor foderkvotient er skønnet til ca. 1,10 frem for at være beregnet. Den årlige tilladte fodermængde er på 410 tons. Der har været en del driftsproblemer begge måleår. Den stående fiskebestand i produktionsenhed 1 døde ved et driftsuheld medio juli 2006 og forinden mistedes også en del af bestanden i sættefiskeanlægget. Fra juli 2006 til ultimo september 2006 var de to produktionsenheder tomme i forbindelse med en mindre ombygning af disse omkring biofiltre og montering af mikrosigter foran disse af nye ejere. I andet måleår var der også høj dødelighed indtil man lærte anlægget at kende og fik kørt driften ind. Derfor har foderkvotienten ikke været optimal og må forventes at blive væsentlig bedre fremover.

Produktionsbidraget for første år er genberegnet, da det gennemsnitlige indhold af kvælstof og fosfor i regnbueørred er blevet revideret ud fra resultater og litteraturstudier. Der anvendes nu lidt lavere værdier end anvendt i Dambrugsbekendtgørelsen, idet der er regnet med 2,75 % kvælstof af fiskens totale vådvægt for hel fisk på 300-800 gram (mod hidtil 3 %) og tilsvarende for fosfor 0,43 % mod hidtil 0,5 % (se *Svendsen et al., 2008*). Justeringerne giver en mindre stigning i produktionsbidraget ift. de oprindeligt opgivne værdier i rapporten for første måleår (*Svendsen et al., 2007*), hvilket også betyder, at de beregnede rensegrader stiger lidt.

Endvidere er produktionsbidraget for organisk stof (BI₅ og COD) opjusteret ift. rapporteringen af resultater fra første måleår. Nye undersøgelser, foretaget på de mest anvendte fodertyper, af det stofbidrag/-tab, der sker direkte til vandfasen som opløst eller finpartikulært og derfor ikke indgår i den partikulære fækaliedel, har vist, at der oveni tabet med bundfældeligt/partikulært stof (fækalier) skal tillægges 43,5 % som mål for bidraget i form af opløst/fin-partikulært stof.

Produktionsbidraget, der er baseret på foderanalyser af de fleste batches og fordøjelighedsforsøg på en række af de mest anvendte fodertyper, er

beregnet for ammonium-kvælstof, total-kvælstof, total fosfor, BI_5 og COD. Der er endvidere estimeret et mindre bidrag af ammonium i forbindelse med levering.

Der er ikke foretaget konkrete målinger af foderspild på Abildtrup Dambrug, men på nogle af de andre modeldambrug under forsøgsprojektet. De åbenlyse drifts- og sygdomsproblemer, der har været på Abildtrup Dambrug, medfører nedsat appetit og dermed med høj sandsynlighed et foderspild. Det er i beregningerne anvendt samme foderspild som på andre dambrug, hvor det er sat til 1 % for tab med støv og smuld og et antaget, mindre spild f.eks. ved unormale driftsforhold. Det kan dog ikke udelukkes, at foderspildet på Abildtrup reelt har været noget højere.

Produktionsbidraget er år 2 - ikke overraskende med den dårlige foderkvote - noget højere end år 1, 10-20 % højere pr. tons foder og 20-40 % i kg pr. tons produceret fisk sammenlignet med år 1 for alle kemiske parametre på nær total fosfor, hvor den er faldet 33 % i kg pr. tons foder og 24 % i kg pr. tons fisk. Faldet for fosfor kan tilskrives brug af andet foder år 2 samt ændret sammensætning i foderet (et lavere fosforindhold).

Produktionsbidraget er som forventet klart hovedkilden for stoftilførsel til dambruget, idet stoftilførslen med indtagsvandet år 2 kun udgør 2-5 % for ammonium og total kvælstof, total fosfor og BI_5 og 8 % for COD af den samlede stoftilførsel til Abildtrup Dambrug. I år 1 er de tilsvarende værdier 3-8 % for ammonium og total kvælstof, total fosfor og BI_5 og 14 % for COD grundet væsentlig lavere foderforbrug mens vandindtaget var næsten tilsvarende lavere.

Stofkoncentrationer

Stofkoncentration i produktionsanlægget

Ved vurdering af udvikling i stofkoncentrationerne i afløb fra produktionsenhederne, klaringsvandet fra slamtank og i afløbet fra dambruget spiller flere faktorer ind. Den massive fiskedød i juli 2006, med efterfølgende tømning af produktionsenhed 1 bl.a. for større slamansamlinger som i juli 2006 blev pumpet over i slamtank, stop for fiskeproduktion i over 2 måneder, den efterfølgende mindre ombygning omkring biofiltrene for bl.a. at forhindre slamaflejring, indsættelse og idriftsættelse af mikrosigter i begyndelsen af år 2, ibrugtagning af produktionsenhed 2, en fordobling af foderforbrug og et større vandforbrug år 2, reduceret opholdstid i plantelagunerne fra 50 timer år 1 til 32 timer år 2, signifikant pH fald over biofiltrene gennem måleperioden samt ejerskifte fra første til andet måleår og øget driftserfaring påvirker alle på en eller anden måde de koncentrationer, rensegrader, stoftab m.v. der er målt og beregnet for Abildtrup Dambrug. I forbindelse med den massive fiskedød i juli 2006 (slutning af år 1) blev der registreret store slamaflejring i produktionsenhed 1 og der var tilsyneladende afgang af svovlbrinter med dannelse af ammoniak.

Gennemsnitskoncentrationer

De klart højeste koncentrationer og største variationer heri findes især i spulevandet fra mikrosigterne (på nær for nitrat kvælstof og opløst fosfor). Knap så høje koncentrationer findes i slamvand fra tømning af slamkegler, men hvor koncentrationen af nitrat kvælstof og opløst fosfor er på niveau med dem i spulevandet. Koncentrationerne i skyllevandet

fra biofiltrene er lavere end i spulevandet fra mikrosigter og slamvandet fra slamkegle fraset koncentrationen af nitrat-nitrit kvælstof, der er væsentlig højere. Endelig er der høje koncentrationer i klaringsvandet fra slamtanken, som er på niveau med koncentrationer i skyllevandet fra mikrosigterne, dog undtagen ammonium kvælstof, hvor koncentrationen i skyllevandet er væsentligt højere og nitrat-nitrit kvælstof, hvor den er væsentlig lavere. Dette indikerer en omfattende denitrifikation i slamtanken, herunder en dissimilatorisk nitrat reduktion (hvor nitrat reduceres tilbage til ammonium) grundet stærkt iltfattige forhold. Endvidere kan ammonificering (omsætning af organisk kvælstof til ammonium kvælstof) også bidrage hertil.

En sammenligning af koncentrationer på produktionsanlægget de to år skal foretages med varsomhed jf. den nævnte lange række ændringer. I afløbet fra dambruget er koncentrationerne højere år 2, mest for nitrat-nitrit kvælstof (108 %) og total kvælstof (71 %) og 10 % for de andre stoffer på nær for fosfor, hvor koncentrationer for total fosfor er den samme og for opløst fosfor lidt lavere end år 1 på trods af dobbelt så stort foderforbrug og en lavere opholdstid i plantelagunerne. Dette hænger sammen med bedre rensning og højere rensegrader over selve produktionsanlægget år 2 og et lavere vandforbrug pr. kg produktion.

Nedstrøms biofiltrene er gennemsnitskoncentrationen i produktionsenhed 1 10-30 % lavere for de forskellige kemiske stoffer end i produktionsenhed 2 (år 2). Sidstnævnte produktionsenhed kom først i drift år 2 således at det må forventes at biofiltret i produktionsenhed 1 trods produktionsstop har haft en aktiv biofilm og kunnet virke mere effektivt.

Koncentrationsforløb over måleperioden

I afløbet fra produktionsenhederne (nedstrøms biofilter) er koncentrationen af ammonium kvælstof lav (1-2 mg/l) på nær om sommeren år 1, hvor den er 3-7 mg/l (i produktionsenhed 1) blandt andet i forbindelse med større fiskedød og efterfølgende slamoprensning i juli 2006 og igen kortvarigt i foråret og igen i august, hvor den især i produktionsenhed 2 stiger (til ca. 5 mg/l). I begge måleår stiger koncentrationen af nitrat-nitrit og total kvælstof fra starten af måleåret hen mod den efterfølgende sommer med koncentrationsstigninger år 2 til 25-35 mg/l i produktionsenhed 1 og 30-40 mg/l i produktionsenhed 2. Koncentrationsniveauet svarer fint til udviklingen i foderforbruget jf. kapitel 3, figur 2. Begge måleår startes med tomme produktionsenheder og der opbygges gradvist en fiskebestand. Det højere koncentrationsniveau i afløb fra produktionsenhed 2 kan sandsynligvis tilskrives, at denne først tages i brug andet måleår. Biofiltret er tilsyneladende i stand til at omsætte mere ammonium i år 2, idet koncentrationen i afløbet fra produktionsenhed 1 falder lidt. Det ses samtidigt at BI_5 koncentrationen nedstrøms biofiltret i produktionsenhed 1 heller ikke er højere år 2, således at biofiltret også for dette stof har haft kapacitet til at omsætte den øgede belastning.

Fosforkoncentrationen i afløbet fra de to produktionsenheder er stigende gennem år 2 (fra ca. 0,1 mg/l især om vinteren i produktionsenhed 1 til 2-2,5 mg/l om sommeren), igen med lidt højere koncentrationsniveau og mere varierende koncentrationer i produktionsenhed 2. I sommerperioden er der mest partikulært fosfor og i samme periode sker også den største udfodring. I afløbet fra produktionsenhed 1 er koncentrationsniveauet generelt lavere år 2 især frem til sommerperioden, hvilket kunne

indikere effekten af mikrosigterne. For suspenderet stof og BI_5 er koncentrationen især i produktionsenhed 1 ret svagt stigende år 2 fra ca. 2 mg/l til ca. 10 mg/l i produktionsenhed 1 og fra ca. 5 mg/l til 15-30 mg/l i produktionsenhed 2, mens COD koncentrationen stiger mere markant 2. måleår fra et niveau på godt 20 mg/l til ca. 40-50 mg/l. Koncentrationen af suspenderet og organisk stof er højere og mere variabel i år 1, hvor der også forekommer store slamaflejringer i anlægget og driftserfaringen med anlægget ikke er så stor, samtidigt med at der ikke er mikrosigter monteret. Samlet synes mikrosigterne at stabilisere belastningen af biofiltrene, og som det fremgår af kapitel 9 er de også den vigtigste renseforanstaltning for de fleste kemiske stoffer. Det skal dog understreges, at mikrosigterne også er den forreste renseforanstaltning. Endvidere skal nævnes, at skyllevandet fra mikrosigterne efter klaring i en beholder ledes tilbage foran mikrosigterne.

Det generelle iltindhold i produktionsanlægget viser i lighed med pH et fald over de to måleår. Biofiltrene beluftes, men det faldende iltniveau afspejler den større bestand og den stigende udfodring, ligesom der omsættes mere BI_5 i biofiltrene. Det ser dog ikke ud til, at det lavere iltniveau har uheldig virkning på nitrifikationen i biofiltret, da ammoniumomsætningen er højere 2. måleår i produktionsenhed 1 og koncentrationniveauet relativt lavt. Selv om der anvendes 108 % mere foder år 2 og der grundet driftsuheld og indkøringsvanskeligheder er en højere foderkvotient år 2 tilføres der kun 73 % mere ammonium kvælstof til plantelagunerne, fordi især biofiltret i produktionsenhed 1 omsætter væsentligt mere ammonium år 2. I kapitel 9 (tabel 12) estimeres således at omsætningen af ammonium i produktionsanlægget år 2 var knap 14.000 kg mod godt 5.000 kg år 1 (se også senere).

Der måles generelt 30 til godt 50 % højere koncentrationer år 2 i klaringsvandet fra slamtank, for nitrat-nitrit kvælstof dog en faktor 4 højere, mens koncentrationen af opløst fosfor og BI_5 er lavere år 2. Dette til trods for at der er tilført ca. 4 gange mere af alle stoffer til slamtanken år 2, dvs. tilbageholdelsen/omsætningen i denne har været væsentligt højere (se senere). Når der tilledes slamperkulat til slamtanken kan det stå og bundfælde/klare i nogle timer inder der afledes klaringsvand til plantelagunerne. Det sikrer, at grove partikler kan sedimentere, men helt fine partikler og opløste stoffer vil stadig kunne følge med klaringsvandet til plantelagunerne.

Stofkoncentrationer i afløbet fra dambruget og indtagsvandet

Koncentrationen i udløbsvandet fra Abildtrup Dambrug er stigende for alle kemiske stoffer år 2 frem til august 2007, hvorefter der for de fleste parametre indtræffer et mindre fald i koncentrationen. For de fleste stoffer er koncentration relativt konstant frem til foråret 2007 og stiger herefter ret brat, mens nitrat-nitrit og total kvælstof stiger mere konstant gennem år 2. For flere af de kemiske stoffer stiger koncentrationen med mellem en faktor 5-10 i løbet af år 2. Koncentrationsudviklingen år 1 ligner overordnet udviklingen år 2 dog er der op til og omkring massedøden i juli 2006 meget højere koncentrationer i afløbet end der nås år 2 for alle stoffer på nær nitrat-nitrit kvælstof, bl.a. fordi man i juli 2006 pumper store mængder ophobet slam over i slamtanken. Kort efter stop for fiskeproduktion i juli 2006 falder koncentrationerne i udløbet. Plantelagunerne tilføres år 2 mellem 1,5 og 3 gange mere af de forskellige kemiske stoffer, opholdstiden reduceres fra 50 til 32 timer og det relative vandtab

reduceres fra 42 til 28 %. Alligevel er gennemsnitskoncentrationsniveauet for ammonium kvælstof, fosfor og BI_5 i udløbet fra dambruget næsten ens de to måleår, COD er 17 % højere og nitrat og total kvælstof er væsentligt højere år 2, henholdsvis 108 % og 71 %.

Koncentrationerne i indtagsvandet varierer kun lidt i løbet af de to måleår, der er ikke forskel på koncentrationerne i de to måleår og der udvises ikke nogen tendens til stigning eller fald. Koncentrationerne er meget lave ift. udløbskoncentrationerne, dog er koncentrationen af COD og suspenderet stof i indtagsvandet i perioder kun lidt under de tilsvarende koncentrationer i udløbet.

Stofudledning pr. kg produceret fisk

Det målte nettostoftab i g pr. kg fisk har for ammonium-kvælstof været henholdsvis 4,0 (år 1) og 3,9 og for total kvælstof hhv. 13 og 28 (fraset ammonium er tallet altså hhv. 9 og 24) (tabel 20) og dermed for ammonium kvælstof på niveau med og for total kvælstof år 2 en faktor 3 højere end hvad der blev bestemt for Døstrup Dambrug (*Fjorback et al., 2003*). Der er en forøgelse af stofudledningen pr. kg produceret fisk fra første til andet måleår for total kvælstof, men da udledningen af ammonium kvælstof er uændret er det nitrat-nitrit kvælstof og organisk kvælstof der er steget, med nitrat som langt det væsentligste. Med et foderforbrug som er forøget med 108 % fra år 1 til år 2 er det lykkedes at omsætte den ekstra mængde ammonium som dannes ved produktionen trods de betydelige driftsproblemer, der var i starten af år 2. Det kan dels tilskrives at produktionsenhed 2 er taget i brug så produktionsenhed 1 kun er moderat mere belastet end år 1, dels at produktionsenhed 1 er kørt ind i løbet af år 1 og der er indført mikrosigter og andre indretningsmæssige justeringer. Ammonium omsættes til nitrat og plantelagunen tilføres også 3 gange mere nitrat-nitrit kvælstof år 2 samtidig med at opholdstiden i plantelagunen er reduceret og vandtabet i l/s er uændret de to måleår. En del af den ekstra nitrat omsættes i plantelagunerne (omsætningen pr. arealenhed plantelagune af nitrat er dobbelt så stor år 2 som år 1) mens andelen af organisk kvælstof der tilbageholdes i plantelagunen er ens de to måleår (godt 1.000 kg - se tabel 13).

Nettostoftabet for total fosfor på henholdsvis 0,8 kg år 1 og 1,3 kg år 2 pr. kg produceret fisk og tilsvarende for BI_5 på 3,4 kg år 1 og 6,1 kg år 2 pr. kg fisk er år 2 ca. det halve for fosfor og ca. en fjerdedel for BI_5 af de målte stoftab på Døstrup Dambrug. Tilførslen til plantelagunerne af total fosfor og BI_5 er i år 2 henholdsvis 75 % og 35 % større end i år 1 og det er især mere partikulært fosfor, der er tilført plantelagunerne. En del af denne øgede tilførsel har trods reduceret opholdstid kunne tilbageholdes (tilbageholdelse pr. arealenhed er steget fra 0,14 til 0,18 kg P pr. m^2 pr dag eller 30 %). Til gengæld er den reducerede opholdstid sikkert en af forklaringer på at tilbageholdelsen/omsætningen af BI_5 i plantelagunen kun er steget med ca. 14 % og dermed kun har kunnet omsætte en mindre del af det ekstra BI_5 , der er tilført år 2. Det skal dog samtidig erindres, at den højere foderkvotient år 2 vil medføre, at hvis renseforanstaltningerne de to måleår ellers virker helt ens, et større stoftab pr. kg produceret fisk år 2. Tilsvarende vil et evt. forøget foderspild bidrage til forøget intern belastning med organisk stof.

I følge Miljøstyrelsens seneste opgørelse for ferskvandsdambrug var den teoretiske udledning i 2007 på 2.343 t BI₅, 673 t total kvælstof og 60 t total fosfor ved en produktion på 27.843 t ørreder og forbrug af 25.710 t foder (*By- og Landskabsstyrelsen, 2009*). Heraf kan beregnes nogle gennemsnitlige specifikke udledninger til sammenligning med hvad der er fundet på Abildtrup Dambrug (tabel 20).

	Gennemsnit Danmark	Specifik udledning – netto kg/t fisk produceret		Abildtrup Dambrug i % af gennemsnit DK	
		Abildtrup Dambrug - 1. måleår	Abildtrup Dambrug - 2. måleår	1. måleår	2. måleår
Organisk stof	84	3,4	6,1	4	7
Total-N	24	13	28	54	117
Total-P	2,2	0,8	1,3	36	59

Tabel 20 Specifikke nettoudledninger som gennemsnit for ferskvandsdambrug i Danmark (i 2007) og målte, specifikke udledninger for Abildtrup Dambrug i første og andet måleår. I sidste kolonne er de specifikke tab ved Abildtrup Dambrug angivet som procent af gennemsnittet for ferskvandsdambrug i Danmark.

Abildtrup Dambrug har begge måleår markant reducerede specifikke udledninger af organisk stof og total fosfor. Den specifikke udledning af total kvælstof er lidt højere end gennemsnittet for ferskvandsdambrugene i 2007, men der er netop også problemer med at overholde udlederkravet for total kvælstof år 2 grundet det massive dødsfald og de driftsproblemer, der var i starten af år 2 på dambruget.

Ved worst case scenariet, som anses for fagligt urealistisk at anvende (hvor det antages, at alt nedsivende vand fra plantelagunen i stedet er udledt direkte til Vorgod Å med de opløste stoffers indløbskoncentration til plantelagunen helt uden tilbageholdelse/omsætning), bliver de specifikke netto udledninger lidt større, men med de samme relative forskelle mellem år 1 og år 2 som beskrevet for de målte værdier tabel 21). Da vandtabet over plantelagunerne år 2 er relativt mindre end i år 1 bliver forskellen mellem de målte og worst case scenarium specifikke udledninger mindre her.

	Specifik udledning worst case scenario kg/t fisk produceret	
	Abildtrup Dambrug - 1. måleår	Abildtrup Dambrug - 2. måleår
Organisk stof	4,0	6,3
Total-N	24	39
Total-P	1,4	1,6

Tabel 21 Korregeret specifik udledning på Abildtrup Dambrug ved et worst case scenarium, som er fagligt urealistisk. Se tekst.

Udlederkrav

Ifølge miljøgodkendelsen kontrolleres udledningen af BI₅ og ammoniumkvælstof ved tilstandskontrol (dvs. på koncentrationsforøgelse over dambruget) mens de øvrige stoffer kontrolleres efter transportkontrol udtrykt som justerede nettodøgnudledninger, hvor der anvendes faktisk vandindtag i hver af de to måleår frem for det tilladte vandindtag. Miljøgodkendelsens udlederkrav har i begge måleår været overholdt for alle forurenende stoffer på nær for ammoniumkvælstof år 1 og total kvælstof

år 2. Udtrykkes de beregnede udlederværdier som procent af udlederkravværdierne er de henholdsvis 108 % år 1 og 73 % år 2 for ammonium kvælstof, for total kvælstof 21 % år 1 og 159 % år 2, for total fosfor 11 % år 1 og 74 % år 2 samt for BI₅ 41 % år 1 og 47 % år 2. Der er i Miljøgodkendelsen givet fuld kompensation for det reducerede vandforbrug på modeldambruget ift. det gamle anlæg (svarende til en faktor 8,1 da medianminimum opstrøms dambruget er 500 l/s og det tilladte vandforbrug efter ombygning til modeldambrug 61,5 l/s).

Udledningen af kvælstof fra Abildtrup Dambrug er den kritiske parameter for overholdelse af udlederkravene jf. ovenstående, idet dambruget ikke anvender den tilladte foderkvote i nogen af de to måleår men alligevel ligger over udlederkravværdien for kvælstof. Ved fodertildeling til modeldambrug under forsøgsordningen er der set bort fra kvælstof som potentielt begrænsende parameter for fodertildelingen under forsøgsordningen (*Bekendtgørelse om modeldambrug (2002) og Pedersen et al. (2003)*). Det betyder, at det er vigtigt at sikre en tilstrækkelig fjernelse af kvælstof for at kunne bevare/øge den under forsøgsordningen tildelte foderkvote.

Stoffjernelse, rensegrader, vandtab og potentielt foderforbrug

Stoftab til Vorgod Å

De forskellige renseforanstaltninger har forskellig effektivitet ift. til de forskellige stoffer, der tilføres, hvorfor den andel af stoftilførslen til dambruget, som via afløbet fra dambruget tabes til Vorgod Å er ret forskellig. Af det samlede tilførte ammonium-kvælstof udledes 18 % år 1 og 12 % år 2 til Vorgod Å. De tilsvarende værdier for total kvælstof er 38 % år 1 og 53 % år 2, for total fosfor 18 % (år 1) og 29 % (år 2), for BI₅ 7,7 % (år 1) og 7,3 % (år 2) samt for COD 17 % (år 1) og 18 % (år 2) af tilførslen. 70 % år 1 og 46 % år 2 af den fosfor, som udledes til Vorgod Å er på opløst og dermed biotilgængelig form. Det er - fraset COD - kun en beskedent del af tilførslen til Vorgod Å som stammer fra det indtagne vand, og som ellers ville være nået frem til vandløbet længere nedstrøms.

Abildtrup Dambrugs målte udledninger af opløste stoffer som ammonium, nitrat og opløst fosfor begrænses i et eller andet omfang af, at der i gennemsnit er tabt 42 % af vandtilførslen i første måleår og 28 % i andet måleår over plantelagunen. Det betyder, at de faktiske tab til vandmiljøet kan være lidt større, især hvis en (mindre) del af vandtabet kan relateres til overløb ved bygværk ved høj vandstand i plantelagunerne. Hovedparten af vandtabet sker ved nedsivning, som noget af det opløste stof kan følge med, men hvor langt hovedparten må antages at blive omsat/bundet i den umættede zone eller grundvandet, eller genindvundet som indtagsvand. Kun en mindre del kan via grundvand og udsivning nå vandløb eller fjernrecipient, men dette kan ikke kvantificeres. Det opstillede worst case scenarium er dog ganske urealistisk, de målte resultater vurderes derfor at ligge tættere på de faktiske forhold især i år 2.

Nettorensgrader

De opnåede målte nettorensgrader (dvs. stoffjernelsen relateret til produktionsbidraget) over hele Abildtrup Dambrug har i år 1/år 2 for total kvælstof været 68/47 %, for total fosfor 90/79 % samt for BI₅ 96/95 %, dvs. de er generelt lavere år 2. Nettorensgraden for BI₅ og total fosfor er dermed i begge måleår væsentligt over forudsætningerne for model-

dambrug (*Bekendtgørelse for modeldambrug, 2002*) på henholdsvis 80 % og 65 % for et modeldambrug type III med mikrosigter. Tilsvarende er nettorensgraden for total kvælstof væsentligt over forudsætningen som med plantelagunens størrelse på Abildtrup Dambrug er 26 % år 2. Netto-rensgraden for ammonium kvælstof er 88 % år 1 og 92 % år 2.

Stoffjernelse i renseforanstaltninger i produktionsanlægget

Renseforanstaltningerne på Abildtrup Dambrug har således opflydt forudsætningerne på trods af driftsuheld, flere tilfælde af massedødsfald o.l. begge måleår, og selv om der ift. total kvælstof og total fosfor er lavere renseeffektivitet år 2 i produktionsanlægget, hvor foderforbruget dels er 108 % højere og med 342 tons tættere på de 410 tons fodertilladelse. Driftsuheld og driftsindkøring år 2 medfører højere foderkvotienter end år 1, men alligevel er nettorensgraden for ammonium kvælstof noget højere. Nitrifikationsraten kan beregnes til $0,12 \text{ g m}^{-2} \text{ dag}^{-1}$ år 1 og $0,19 \text{ g m}^{-2} \text{ dag}^{-1}$ år 2 i produktionsanlægget, hvorved netto ammonium kvælstoffjernelsen over hele dambruget også stiger fra 74 % år 1 til 84 % år 2. Biofiltrene har været beluftet begge år og der er ikke oplysninger om hvorvidt beluftningen er justeret undervejs, men der ses lidt lavere iltkoncentration år 2 over biofiltret i produktionsenhed 1. Biofiltret i produktionsenhed 1 virker og drives efter 1 års drift tilsyneladende mere effektivt og samtidig medfører opstillingen af mikrosigter opstrøms biofiltrene en mere stabil stoftilførsel til biofiltrene. Ombygningen omkring biofiltrene medfører også at de større slamaflejringer, som er iagttaget i tilførselskanalerne til biofiltrene er undgået. Samtidig med en lidt højere rensegrad for ammonium, trods et mere end fordoblet produktionsbidrag i år 2, ses en uændret rensegrad af BI_5 som igen kan tilskrives mikrosigterne samt øget omsætning i biofiltrene. Samlet findes, at den største del af stoffjernelsen af ammonium, BI_5 og COD foregår i produktionsanlægget, for BI_5 76 % år 2 og for COD 63 % år 2. For organisk stof har renseforanstaltningerne i produktionsanlægget fuldt ud kunnet tilbageholde/omsætte den øgede tilførsel og f.eks. tilføres der kun 35 % mere BI_5 til plantelagunerne år 2 trods et foderforbrug, der er mere end fordoblet og et øget produktionsbidrag af BI_5 pr. kg fisk.

Årsagen til, at en større del af organisk stoffjernelsen sker over produktionsanlægget år 2 kan formentlig tilskrives mikrosigterne, som tages i drift år 2. Således er spulevand fra mikrosigterne den vigtigste kilde for stoftilførsel til slamtanken og dermed den mest betydende rensekomponent i produktionsanlægget. Spulevandet står for 58-64 % af stoftilførslen til slamtank for alle stoffer, slamvand fra slamkeglerne for 19-28 %, returskyllevand fra biofiltrene for 1-6 % og endelig slamvand fra sættefiskeanlæg og kummehus for 12-16 %.

Øget nitrifikation år 2 medfører dannelse af mere nitrat, der kun i mindre omfang kan omsættes i produktionsanlægget, men tilføres plantelagunerne sammen med mere organisk kvælstof (partikulært bundet). Plantelagunerne tilføres 3 gange mere nitrat år 2 end år 1 selv om foderforbruget kun stiger 108 %. Selv om plantelagunernes omsætningsrate rent faktisk fordobles for nitrat-nitrit kvælstof trods en reduktion i opholdstiden fra 50 til 32 timer, tabes mere nitrat til Vorgod Å. Derfor er total kvælstoftabet pr. kg fisk og kvælstoftabet i % af tilført stof til dambruget større år 2.

Spulevandet fra mikrosigterne ledes til en klaringsbeholder og det klarede spulevand tilbageføres produktionsanlægget. Det medfører, at noget finpartikulært materiale samt opløst ammonium og opløst fosfor tilbageføres til produktionsanlægget og herfra en del videre til plantelagunerne, som kan have svært ved at tilbageholde netop disse fraktioner.

Der fjernes år 1 over produktionsanlægget (justeret for tab med slamvand) ca. 1.000 kg fosfor mod ca. 1.140 kg år 2. Samtidigt tilføres der knap 1.500 kg til produktionsanlægget år 1 (produktionsbidrag plus med indtagsvandet) mod godt 2.000 kg år 2. Der fjernes relativt mindre fosfor år 2 i produktionsanlægget som plantelagunerne ikke kan kompensere for og det forklarer at nettorenssegraden falder fra 90 % år 1 til 79 % år 2 (som dog stadig er høj). Introduktion af mikrosigter har ikke været tilstrækkeligt til at fjerne det ekstra fosfor som det øgede foderforbrug år 2 medfører, da en del af dette er på opløst og fin-partikulær form. Endvidere kan der i spulevandet fra mikrosigten være en række fine partikler med en del fosfor, som føres tilbage i produktionsanlægget og videre til plantelagunerne, hvor det kun i mindre omfang kan tilbageholdes. Således er tabet af fosfor med klaringsvandet også en faktor 3 større år 2. Fodertype og sammensætningen af foderet påvirker dels hvor effektivt fækalierne fjernes med renseforanstaltningerne dels forårsager den forøgede foderkvotient at produktionsbidraget af forfor forskydes, således at en større del forekommer på opløst form.

For alle stoffer på nær total kvælstof fjernes/omsættes procentuelt den største andel i produktionsanlægget år 2 mellem 43 og 84 %, mens der fjernes mest total kvælstof (reelt nitrat kvælstof og organisk kvælstof) i plantelagunerne (35 % år 2). Langt hovedparten af ammoniumfjernelsen sker i produktionsanlægget og der er 3-4 gange så stor total fosfor og organisk stoffjernelse heri (år 2) som i plantelagunerne. Omvendt fjernes der år 2 tre gange så meget total kvælstof (nitrat og organisk kvælstof) i plantelagunerne som i produktionsanlægget. Potentialet for yderligere stoffjernelse i plantelagunerne er vanskelig at vurdere, da renseforanstaltningerne i produktionsanlægget fjerner en del af det stof, som plantelagunerne potentielt kunne fjerne, men de øgede stofudledninger i andet måleår viser, at plantelagunen har kunnet fjerne en del af den øgede belastning. Hvis man samtidigt sørger for at bibeholde stofferne mest muligt på partikulær henholdsvis nitrat-form vil der være basis for en øget tilbageholdelse/omsætning af nitrat, organisk kvælstof, fosfor og BI_5 .

Nettorenssegrad over slamtanken

I modsætning til de fleste andre modeldambrug er "slambedene" ved Abildtrup Dambrug indrettet som en slamtank, bestående af en stor gyllebeholder i hvilken tilført slamperkulat kan stå nogle timer og blive klarret inden klaringsvandet efterfølgende ledes til plantelagunerne. Via renseforanstaltningerne i produktionsanlægget ledes store mængder kvælstof, fosfor og organisk stof til slamtanken ikke mindst år 2, hvor foderforbruget er mere end fordoblet. Alligevel er nettotilbageholdelsen over slamtanken (% stof tilbageholdt af tilført) generelt noget større år 2 for alle parametre. Værdierne er år1/år2 for total kvælstof 12/59 %, for total fosfor 81/85 %, for BI_5 70/87 %, mens der sker en nettoproduktion af ammonium begge måleår. Den relativt lave nettotilbageholdelse af kvælstof skyldes især at næsten al nitrat i slamtanken omdannes til ammonium ved dissimilatorisk nitrat reduktion og i mindre omfang dannes også

ammonium ved en ammonificering af organisk (partikulært) kvælstof. De højere nettotilbageholdelsesrater år 2 kan bl.a. forklares ved, at der anvendes væsentlig mindre vand pr. kg produceret fisk og en optimering af driften så det er et "tykkere" slamperkulat, der føres til slamtanken. Endvidere er slamtilførslen til slamtank år 1 opgjort mere usikkert end for år 2 grundet den omtalte oppumpning af store slamansamlinger i juli 2006 fra produktionsanlægget til slamtanken.

Sammenlignet med de andre modeldambrug er nettotilbageholdelsen i slamtanken på Abildtrup Dambrug år 2 den højeste for de angivne stoffer (Svendsen *et al.*, 2008), hvilket formentlig skyldes kapaciteten til at klare slamperkulatet nogle timer før afledning til plantelaguner og at kapaciteten er tilstrækkelig høj.

Selv med en relativ høj nettotilbageholdelse over slamtanken så er stoftabet fra denne en betydelig stofkilde til plantelagunerne for nogle stoffer. I år 2 kommer 49 % af ammonium kvælstof, 0,5 % af nitrat-nitrit kvælstof, 11 % af total kvælstof, 7 % af opløst fosfor, 36 % af total fosfor, 40 % af BI_5 og 35 % af COD. Dermed bliver tilførslen med klaringsvandet for mange af stofferne en betydende stofkilde for plantelagunen, hvori især ammonium kvælstof og en del af det tilførte fosfor (det opløste og det fin-partikulære) kun i begrænset omfang kan omsættes/tilbageholdes. Det vil være hensigtsmæssigt at begrænse tabet af stof, der reelt allerede er fjernet og opsamlet i slamtanken. Det skal dog bemærkes, at det er nødvendigt med en vis tilførsel af organisk stof til plantelagunen for at drive denitrifikationen deri.

Tilledningen af klaringsvand skal optimalt ske så opstrøms som muligt i plantelagunen, hvilket også er tilfældet på Abildtrup Dambrug.

Stoffjernelse i plantelagunerne

Set i forhold til tilførslen tilbageholder plantelagunen en ganske stor andel af alle tilførte stoffer år 2 (39-70 %, højest for organisk stof), men dog kun 26 % af tilført ammonium kvælstof. Godt 40 % af tilført fosfor er på opløst form, mens det i afløbet fra plantelagunen er 45 %. Det antages, at primært partikulært bundet fosfor tilbageholdes i plantelagunen, mens en smule opløst fosfor optages i biomassen i planterne samt følger med det vand, der siver ud af plantelagunen, resten tabes i større eller mindre grad til Vorgod Å.

Plantelagunerne har haft kapacitet til at tilbageholde/omsætte hovedparten af det ekstra tilførte stof i år 2, men den tredoblede tilførsel af nitrat-nitrit kvælstof har kun delvist kunnet denitrificeres i plantelagunen. Det skal bemærkes, at der allerede var etableret udbredt plantevækst i plantelagunerne fra starten af år 1 og at plantedækning og biomassen kun er 20-30 % højere år 2.

Kampagnemålinger af iltkoncentration i plantelagunen viser, at iltniveauet allerede ret få meter nedstrøms indløbet af vand fra produktionsanlægget i hovedparten af tiden er under 1-2 mg/l. Fra målinger i andre plantelaguner vides, at iltindholdet tæt ved bunden af plantelagunen oftest er nær 0 mg/l. Der er således ved bunden af plantelagunerne gode muligheder for denitrifikation grundet de iltfrie forhold og tilstedeværelse af nitrat og letomsætteligt organisk stof, mens der i den øvre del af vandmassen og i biofilmen på planterne foregår en vis aerob omsætning

af organisk stof og ammonium. Herudover optager planterne nitrat og opløst fosfor, dette er dog massebalancemæssigt af marginal betydning for hele dambruget.

Ved maksimal biomasse er det beregnet, at der år 2 er indbygget ca. 163 kg kvælstof svarende til 2,7 % af det total kvælstof (3,6 % af nitrat-nitrat kvælstof), der fjernes i plantelagunen, og 2 % af den samlede N-fjernelse i andet måleår. Tilsvarende er der indbygget knap 21 kg fosfor svarende til 6,5 % af fosfor (19 % af opløst fosfor) tilbageholdt i plantelagunen, og 1½ % af den samlede fosforfjernelse i andet måleår. Betydningen for den samlede stoftilbageholdelse er således marginal, og for plantelagunernes tilbageholdelse ligeledes lille, især for kvælstof. Der sker både tab og opbygning af biomasse gennem vækstsæsonen, så dette er et minimumsmål for kvælstof- og fosforoptag i planterne. Endvidere vil der kun være tale om reel tilbageholdelse, hvis plantematerialet høstes og biomassen fjernes fra plantelagunen. Betydningen af næringsstofoptaget i planter er for kvælstof lidt lavere end målt på Døstrup Dambrug (*Fjorback et al., 2003*).

Plantelagunen opfylder fuldt ud forventninger og forudsætninger til stoffjernelse, selv om der, sammenlignet med Døstrup Dambrug, er opstrøms renseforanstaltninger som biofiltre, mikrosigter m.v. F.eks. er kvælstoffjernelsen med 2,0 (år 1) / 3,4 (år 2) g N pr m² pr. dag mere end 2-3 gange over forudsætningerne i begge måleår. For total fosfor er raten med 0,14 (år 1) / 0,18 (år 2) g P pr m² pr. dag 3-4 gange højere end målt på Døstrup Dambrug. For BI₅ er den med 2,8 (år 1) / 3,2 (år 2) g BI₅ pr m² pr. dag ca. 1½ gange højere og også ammonium kvælstof er ca. 1½ gange højere end målt på Døstrup Dambrug. De højeste rater er fundet i andet måleår for alle stoffer. Trods etableret plantevækst allerede fra starten af år 1 og trods reduceret procentuelt vandtab år 2 er omsætningsraten steget år 2, hvor stofbelastningen også har været højere.

Selv med worst case scenariet har stoffjernelsen været lidt eller noget højere end forudsætningerne på nær for ammonium kvælstof, hvor det ser ud til at tabet heraf sker med nedsivningsvandet. Reelt vil dette ammonium kvælstof kun i beskedent omfang nå vandløb og fjernrecipient, da det en større del må forventes enten omsat eller genindvundet som indtagvand.

Potentielt foderforbrug med fundne rensegrader

Med de fundne rensegrader kan det beregnes, hvad der ud fra reglerne i modeldambrugsbekendtgørelsen kunne gives af foder hvis henholdsvis rensegraderne for total kvælstof, total fosfor eller organisk stof var begrænsende. I *Bekendtgørelsen for modeldambrug (2002)* angives hvordan det højest tilladelige foderforbrug F fastlægges for modeldambrug:

$$F = ((1 - R_n) / (1 - R_N)) * F_{\text{till}}$$

Hvor R_n er nettorensgraden for et standarddambrug:

- Total kvælstof = 0,07 (7 %)
- Total fosfor = 0,20
- Organisk stof, BI₅ = 0,20

og R_N er nettorensgraden for et modeldambrug, som for type III og IIIa initielt er sat til:

- Total kvælstof = 0,11 og med mikrosigte 0,15
- Total fosfor = 0,60 og med mikrosigte 0,65
- Organisk stof, BI₅ = 0,75 og med mikrosigte 0,80.

Der gives tillæg på 10 tons foder pr. 1.000 m² plantelagune under forudsætning af at plantelagunen fjerner 1 g N m² plantelagune pr. dag.

Med opnåede nettoresultater for andet måleår på 47 % for total kvælstof (og 4.890 m² plantelagune), 79 % for total fosfor og 95 % for BI₅ ville det give følgende fodermængde ift. til et standarddambrug med 100 tons foder:

- 175 tons hvis total kvælstof var begrænsende
- 381 tons hvis total fosfor var begrænsende
- 1600 tons hvis BI₅ var begrænsende.

En mere stabil drift, som efterhånden også er opnået på anlægget, vil give mulighed for bedre resultater og dermed øge fodertildelingen.

Optimeringer

Der er behov for yderligere kvælstoffjernelse, hvis der skal sikres en udvidelse af produktionen uden forøget udledning af kvælstof, men det kunne også være hensigtsmæssig med en lidt større fosforfjernelse. Nitrifikation er relativ høj på Abildtrup Dambrug, men man bør afklare om biofiltrets driftsforhold er optimeret. Det skal overvejes, om der ved tilbageførsel af spulevand fra mikrosigter til produktionsanlægget tilbageføres opløst og fin-partikulært materiale, som også øger indholdet af organisk stof i produktionsanlægget. På afløbsvandet fra produktionsenhederne eller fra plantelagunen kunne et specifikt denitrifikationsfilter være relevant.

Sammenlignet med de andre modeldambrug har slamtanken større tilbageholdelse af de tilførte stoffer, da der er kapacitet til at lade vandet klare før det afledes til plantelagunerne. Hermed er stoftabet med klæring vandet reduceret, men ved tilsætning af fædningsmiddel kunne især fosfor fældes og tilbageholdes frem for at blive ført til plantelagunerne, hvor opløst og fin-partikulært fosfor kun i mindre omfang tilbageholdes.

Den nuværende plantelagune er umiddelbart hensigtsmæssig indrettet. Men der er behov for at øge omsætningen af især nitrat ikke mindst hvis nitrifikationen i produktionsanlægget øges yderligere. Vand fra produktionsenhederne og slamtank tilledes allerede opstrøms, og det vurderes, at hovedparten af plantelagunens volumen gennemstrømmes ligesom der både er zoner med iltrige og iltfrie forhold. I forhold til det tilladte foderforbrug er plantelagunen relativ lille og kunne godt øges. Således kunne en større plantelagune med dobbelt opholdstiv være hensigtsmæssig, hvilket også efterfølgende er blevet etableret. Dette vil bl.a. kunne øge tilbageholdelsen/omsætningen af både nitrat, fosfor og organisk stof.

Vandløbsfauna

Målsætningen i Vorgod Å op- og nedstrøms Abildtrup Dambrug er DVFI 5 med en optimal faunaklasse på 7. Frases en prøvetagning med

DVFI 4 i december 2004 taget 2 km opstrøms Abildtrup Dambrug, har alle prøver opstrøms dambruget i både Vorgod Å og Abild Å haft DVFI 7, og nedstrøms dambruget har DVFI seks gange været 7 og to gange 6. Målsætningen har dermed været opfyldt på alle stationer i perioden december 2004 til september 2006.

Der er registreret 90 taxa, hvor de artsrigeste er vårfluer (22 arter), slørvinger (11) og døgnfluer (10). Smådyrsfaunaen er på de tre stationer domineret af tolerante former, der er vidt udbredte i jyske vandløb. Der er fundet en række rentvandskrævende arter af slørvinger, biller og vårfluer. Ved prøvetagningen i september 2007 blev slørvingen *Isoptena Sericostoma* registreret for første gang nogensinde i Vorgod Å. Smådyrsfaunaen i Abild Å og Vorgod Å er samlet set artsrig med stor diversitet og med en række rentvandsarter. Samlet set kan tilstanden i Vorgod Å både op- og nedstrøms Abildtrup Dambrug samt i Abild Å karakteriseres som særdeles god og målsætningen er opfyldt gennem hele perioden både op- og nedstrøms dambruget.

13 Litteraturliste

Bekendtgørelse om modeldambrug (2002). Bekendtgørelse om modeldambrug. 10 s. - BEK nr. 923 af 08/11/2002.

Bekendtgørelse om ændring af bekendtgørelse om modeldambrug (2004). Bekendt om ændring af bekendtgørelse om modeldambrug. 2 s. - BEK nr. 328 af 15/03/2004

By- og Landskabsstyrelsen (2009): Punktkilderapport 2007. By- og Landskabsstyrelsen, Miljøministeriet, 115 pp.

Dambrugsudvalget (2002). Dambrugsudvalget. Udvalget vedr. dambrugs-erhvervets udviklingsmuligheder. 78 s. Rapport. Ministeriet for Fødevarer, Landbrug og Fiskeri

Dansk Akvakultur (2008). Drift- og fiske sygdomme i modeldambrug. Master Management System. 44 pp.

Dansk Standard (1999). DS 2399 Afløbskontrol. Statistisk kontrolberegning af afløbsdata

Fjorback, C., Larsen, S.E., Skriver, J., Svendsen, L.M., Nielsen, P. & Riis-Vestergaard, J. (2003) Forsøgsprojekt Døstrup Dambrug. Resultater og konklusioner. Danmarks Miljøundersøgelser. 272 s. - Faglig rapport fra DMU nr. 434

Larsen, S.E. & Svendsen, L.M. (1998a). Afløbskontrol af dambrug. Statistiske aspekter og opstilling af kontrolprogrammer. Danmarks Miljøundersøgelser. 86 s. - Faglig rapport fra DMU nr. 260

Larsen, S.E. & Svendsen, L.M. (1998b). Notat vedr. tilpasning af udlederkontrol ved overgang fra tilstandskontrol til transportkontrol. Notat fra Danmarks Miljøundersøgelser

Miljøstyrelsen (1998). Biologisk vandløbsbedømmelse af vandløbskvalitet. Miljø- og Energiministeriet. 39 s. - Vejledning nr. 5/1998

Pedersen, M. L., Baattrup-Pedersen, A & Wiberg-Larsen, P. (red) (2007). Økologisk overvågning i vandløb og på vandløbsnære arealer under NOVANA 2004-09. 3. udgave. Danmarks Miljøundersøgelser. 150 s. - Teknisk anvisning fra DMU nr. 21

Pedersen, P.B. Grønborg, O., & Svendsen, L.M. (red.) (2003). Modeldambrug. Specifikationer og godkendelseskrav. Rapport fra faglig arbejdsgruppe. 82 s. - Arbejdsrapport fra DMU, nr. 183

Ringkjøbing Amt (2003). Miljøgodkendelse af forsøgsdambruget Abildtrup Dambrug. 65 s.

Skriver, J., Riis, T., Carl, J., Friberg, N., Ernst, M.E., Frandsen, S.B., Sode, A. & Wiberg-Larsen, P. (1999). Biologisk overvågning i vandløb 1998-2003. Biologisk vandløbskvalitet (DVFI). Udvidet biologisk program. NO-VA2003. Danmarks Miljøundersøgelser. 41 s. – Teknisk anvisning fra DMU nr. 16

Svendsen, L.M. & Pedersen, P.B. (reds.) (2004). En undersøgelse af muligheder for etablering af måleprogram på såkaldte modeldambrug. 118 s. - DFU-rapport nr. 132-04.

Svendsen, L.M., Sortkjær, O., Ovesen, N.B., Skriver, J., Larsen, S.E., Pedersen, P.B., Rasmussen, R.S. & Dalsgaard, A.J.T. (2007). Abildtrup Dambrug – et modeldambrug under forsøgsordningen. Statusrapport for 1. måleår af monitoreringsprojektet. 59 s. DFU-rapport nr. 174-07

Svendsen, L.M., Sortkjær, O., Ovesen, N.B., Skriver, J., Larsen, S.E., Boutrup, S., Pedersen, P.B., Rasmussen, R.S., Dalsgaard, A.J.T. & Suhr, K. (2008). Modeldambrug under forsøgsordningen. Faglig slutrapport for "Måle- og dokumentationsprojektet for modeldambrug". 225 s. DTU Aqua-rapport nr. 193-08

Thomsen, L., Bo-Holm Andersen, L. (2006). Udvikling af metoder til opsamling af foderspild i modeldambrug. Speciale på Fiskeriteknologuddannelsen, Aalborg Universitet Esbjerg, juni 2006, 76 pp.

DTU Aqua-rapportindex

Denne liste dækker rapporter udgivet i indeværende år samt de foregående to kalenderår. Hele listen kan ses på DTU Aquas hjemmeside www.aqua.dtu.dk, hvor de fleste nyere rapporter også findes som PDF-filer.

- Nr. 169-07 Produktion af blødskallede strandkrabber i Danmark - en ny marin akvakulturproduktion. Knud Fischer, Ulrik Cold, Kevin Jørgensen, Erling P. Larsen, Ole Saugmann Rasmussen og Jens J. Sloth.
- Nr. 170-07 Den invasive stillehavsøsters, *Crassostrea gigas*, i Limfjorden - inddragelse af borgere og interessenter i forslag til en forvaltningsplan. Helle Torp Christensen og Ingrid Elmedal.
- Nr. 171-07 Kystfodring og kystøkologi - Evaluering af revlefodring ud for Fjaltring. Josianne Støttrup, Per Dolmer, Maria Røjbek, Else Nielsen, Signe Ingvarsen, Per Sørensen og Sune Riis Sørensen.
- Nr. 172-07 Løjstrup Dambrug (øst) - et modeldambrug under forsøgsordningen. Statusrapport for 1. måleår af monitoringsprojektet. Lars M. Svendsen, Ole Sortkjær, Niels Bering Ovesen, Jens Skriver, Søren Erik Larsen, Per Bovbjerg Pedersen, Richard Skøtt Rasmussen og Anne Johanne Tang Dalsgaard.
- Nr. 173-07 Tingkær vad Dambrug - et modeldambrug under forsøgsordningen. Statusrapport for 1. måleår af monitoringsprojektet. Lars M. Svendsen, Ole Sortkjær, Niels Bering Ovesen, Jens Skriver, Søren Erik Larsen, Per Bovbjerg Pedersen, Richard Skøtt Rasmussen og Anne Johanne Tang Dalsgaard.
- Nr. 174-07 Abildtrup Dambrug – et modeldambrug under forsøgsordningen. Statusrapport for 1. måleår af monitoreringsprojektet. Lars M. Svendsen, Ole Sortkjær, Niels Bering Ovesen, Jens Skriver, Søren Erik Larsen, Per Bovbjerg Pedersen, Richard Skøtt Rasmussen, Anne Johanne Tang Dalsgaard.
- Nr. 175-07 Nørå Dambrug – et modeldambrug under forsøgsordningen. Statusrapport for 1. måleår af monitoringsprojektet. Lars M. Svendsen, Ole Sortkjær, Niels Bering Ovesen, Jens Skriver, Søren Erik Larsen, Per Bovbjerg Pedersen, Richard Skøtt Rasmussen, Anne Johanne Tang Dalsgaard.
- Nr. 176-07 Rens Dambrug – et modeldambrug under forsøgsordningen. Statusrapport for 1. måleår af monitoringsprojektet. Lars M. Svendsen, Ole Sortkjær, Niels Bering Ovesen, Jens Skriver, Søren Erik Larsen, Per Bovbjerg Pedersen, Richard Skøtt Rasmussen og Anne Johanne Tang Dalsgaard.
- Nr. 177-08 Implementering af mere selektive og skånsomme fiskerier – konklusioner, anbefalinger og perspektivering. J. Rasmus Nielsen, Svend Erik Andersen, Søren Eliassen, Hans Frost, Ole Jørgensen, Carsten Krog, Lone Grønbæk Kronbak, Christoph Mathiesen, Sten Munch-Petersen, Sten Sverdrup-Jensen og Niels Vestergaard.

- Nr. 178-08 Økosystemmodel for Ringkøbing Fjord - skarvbestandens påvirkning af fiskebestandene. Anne Johanne Dalsgaard, Villy Christensen, Hanne Nicolajsen, Anders Koed, Josianne Støttrup, Jane Grooss, Thomas Bregnballe, Henrik Løkke Sørensen, Jens Tang Christensen og Rasmus Nielsen.
- Nr. 179-08 Undersøgelse af sammenhængen mellem udviklingen af skarvkolonien ved Toftesø og forekomsten af fladfiskeyngel i Ålborg Bugt. Else Nielsen, Josianne Støttrup, Hanne Nicolajsen og Thomas Bregnballe.
- Nr. 180-08 Kunstig reproduktion af ål: ROE II og IIB. Jonna Tomkiewicz og Henrik Jarlbæk.
- Nr. 181-08 Blåmuslinge- og stillehavsøstersbestandene i det danske Vadehav 2007. Per Sand Kristensen og Niels Jørgen Pihl.
- Nr. 182-08 Kongeåens Dambrug – et modeldambrug under forsøgsordningen. Statusrapport for 2. måleår af monitoringsprojektet med væsentlige resultater fra 1. måleår. Lars M. Svendsen, Ole Sortkjær, Niels Bering Ovesen, Jens Skriver, Søren Erik Larsen, Per Bovbjerg Pedersen, Richard Skøtt Rasmussen og Anne Johanne Tang Dalsgaard.
- Nr. 183-08 Taskekrabben – Biologi, fiskeri, afsætning og forvaltningsplan. Claus Stenberg, Per Dolmer, Carsten Krog, Siz Madsen, Lars Nannerup, Maja Wall og Kerstin Geitner.
- Nr. 184-08 Tvilho Dambrug – et modeldambrug under forsøgsordningen. Statusrapport for 2. måleår af monitoringsprojektet med væsentlige resultater fra 1. måleår. Lars M. Svendsen, Ole Sortkjær, Niels Bering Ovesen, Jens Skriver, Søren Erik Larsen, Per Bovbjerg Pedersen, Richard Skøtt Rasmussen og Anne Johanne Tang Dalsgaard.
- Nr. 185-08 Erfaringsopsamling for muslingeopdræt i Danmark. Helle Torp Christensen, Per Dolmer, Hamish Stewart, Jan Bangsholt, Thomas Olesen og Sisse Redeker.
- Nr. 186-08 Smoltudvandring fra Storå 2007 samt smoltdødelighed under udvandringen gennem Felsted Kog og Nissum Fjord. Henrik Baktoft og Anders Koed.
- Nr. 187-08 Tingkærved Dambrug - et modeldambrug under forsøgsordningen. Statusrapport for 2. måleår af monitoringsprojektet med væsentlige resultater fra første måleår. Lars M. Svendsen, Ole Sortkjær, Niels Bering Ovesen, Jens Skriver, Søren Erik Larsen, Per Bovbjerg Pedersen, Richard Skøtt Rasmussen og Anne Johanne Tang Dalsgaard.
- Nr. 188-08 Ejstrupholm Dambrug - et modeldambrug under forsøgsordningen. Statusrapport for 2. måleår af monitoringsprojektet med væsentlige resultater fra første måleår. Lars M. Svendsen, Ole Sortkjær, Niels Bering Ovesen, Jens Skriver, Søren Erik Larsen, Per Bovbjerg Pedersen, Richard Skøtt Rasmussen og Anne Johanne Tang Dalsgaard.

- Nr. 189-08 The production of Baltic cod larvae for restocking in the eastern Baltic. RESTOCK I. 2005-2007. Josianne G. Støttrup, Julia L. Overton, Sune R. Sørensen (eds.)
- Nr. 190-08 User's manual for the excel application "TEMAS" or "Evaluation Frame". Per J. Sparre.
- Nr. 191-08 Evaluation Frame for Comparison of Alternative Management Regimes using MPA and Closed Seasons applied to Baltic Cod. Per J. Sparre.
- Nr. 192-08 Assessment of Ecosystem Goods and Services provided by the Coastal Zone System Limfjord. Anita Wiethüchter.
- Nr. 193-08 Modeldambrug under forsøgsordningen. Faglig slutrapport for "Måle- og dokumentationsprojekt for modeldambrug". Lars M. Svendsen, Ole Sortkjær, Niels Bering Ovesen, Jens Skrivers, Søren Erik Larsen, Susanne Bouttrup, Per Bovbjerg Pedersen, Richard Skøtt Rasmussen, Anne Johanne Tang Dalsgaard og Karin Suhr.
- Nr. 194-08 Omsætning af ammonium-kvælstof i biofiltre på Modeldambrug. Karin Isabel Suhr, Per Bovbjerg Pedersen, Lars M. Svendsen, Kaare Michelsen og Lisbeth Jess Plesner.
- Nr. 195-08 Fangst, opbevaring og transport af levende danske jomfruhummere (*Nephrops norvegicus*). Preben Kristensen og Henrik S. Lund.
- Nr. 196-08 Udsætning af geddeyngel som bestandsophjælpning i danske brakvandsområder – effektivurdering og perspektivering. Lene Jacobsen, Christian Skov, Søren Berg, Anders Koed og Peter Foged Larsen.
- Nr. 197-08 Manual to determine gonadal maturity of herring (*Clupea harengus* L) Rikke Hagstrøm Bucholtz, Jonna Tomkiewicz og Jørgen Dalskov.
- Nr. 198-08 Can alerting sounds reduce bycatch of harbour porpoise? Lotte Kindt-Larsen.
- Nr. 199-08 Udvikling af produktionsmetoder til intensivt opdræt af sandart yngel. Svend Steinfeldt og Ivar Lund.
- Nr. 200-08 Opdræt af tunge (*Solea solea*) - undersøgelse af mulighederne for kommercialisering. Per Bovbjerg Pedersen, Ivar Lund, Svend Jørgen Steinfeldt, Julia Lynne Overton og Mads Nunn.
- Nr. 201-08 Produktion af vandlopper til anvendelse ved opdræt af marin fiskeyngel. Svend Steinfeldt.
- Nr. 202-09 Vurdering af markedsudsigter for akvakulturproduktion i Danmark. Erling P. Larsen, Jens Henrik Møller, Max Nielsen og Lars Ravensbeck.

- Nr. 203-09 Løjstrup Dambrug (øst) - et modeldambrug under forsøgsordningen. Statusrapport for 2. måleår af monitoringsprojektet med væsentlige resultater fra første måleår. Lars M. Svendsen, Ole Sortkjær, Niels Bering Ovesen, Jens Skriver, Søren Erik Larsen, Per Bovbjerg Pedersen, Richard Skøtt Rasmussen og Anne Johanne Tang Dalsgaard.
- Nr. 204-09 Final Report of Fully Documented Fishery. Jørgen Dalskov and Lotte Kindt-Larsen.
- Nr. 205-09 Registrering af fangster i de danske kystområder med standardredskaber fra 2005-2007. Nøglefiskerrapporten 2005-2007. Claus R. Sparrevohn, Hanne Nicolajsen, Louise Kristensen og Josianne G. Støttrup.
- Nr. 206-09 Abildtrup Dambrug - et modeldambrug under forsøgsordningen. Statusrapport for 2. måleår af monitoringsprojektet med væsentlige resultater fra første måleår. Lars M. Svendsen, Ole Sortkjær, Niels Bering Ovesen, Jens Skriver, Søren Erik Larsen, Per Bovbjerg Pedersen, Richard Skøtt Rasmussen og Anne Johanne Tang Dalsgaard.